جامعة المنيا
كلية الزراعة
قسم النبات الزراعى

مقدمة فى علم
مورفولوجيا النبات

إعداد
أعضاء هيئة التدريس بالقسم

مقدمة في علم
مورفولوجيا النبات

إعداد

أعضاء هيئة التدريس بالقسم

قسم النبات الزراعى
Agricultural Botany Department

رؤية ورسالة كلية الزراعة جامعة الفيوم

الرؤية:

كلية الزراعة جامعة الفيوم مؤسسة تعليمية وبحثية وخدمية ، تتطلع الى المنافسة فى ريادة مجتمع المعرفة فى العلوم الزراعية محليا واقليميا والتميز فى الشراكة المجتمعية وفقا لمعايير الجودة والتطوير المستمر.

الرسالة:

كلية الزراعة جامعة الفيوم مؤسسة تعليمية وبحثية وخدمية ، تتطلع الى المنافسة فى ريادة مجتمع المعرفة فى العلوم الزراعية محليا واقليميا والتميز فى الشراكة المجتمعية وفقا لمعايير الجودة والتطوير المستمر.

الاهداف الاستراتيجية

١. تبنى فلسفة الحوكمة فى إدارة الكلية طبقاً لمعايير الجودة.
٢. دعم وتنمية الموارد البشرية والمالية بالكلية .
٣. تطوير البنية التحتية والتكنولوجية .
٤. تطوير البرامج التعليمية لإعداد خريجين متميزين .
٥. تطوير آليات متابعة وتقييم برامج تدريب الطلاب لاعداد خريج ذو مهارات مهنية.
٦. دعم الانشطة الطلابية وتطويرها .
٧. تهيئة بيئة محفزة داعمة للبحث العلمى وإنتاج المعرفة.
٨. تطوير مجالات الشراكة المحلية والدولية.
٩. الارتقاء بدور الكلية بيتاً للخبرة ومركزاً إعلامياً استشاريا .
١٠. تطوير ادارة الموارد الطبيعية والمحافظة على البيئة.

أهداف المقرر (Amis of Course)

يهدف المقرر إلى تعرف الطلاب على:
- تركيب الخلية النباتية واشكالها ووظائفها.
- انواع الانسجة النباتية المختلفة وتركيبها واهميتها.
- الشكل الخارجي والتركيب الداخلي لاعضاء النبات.

النتائج التعليمية المستهدفة من تدريس المقرر: Intended Learning Outcomes

أ- المعلومات والمفاهيم Knowledge and Understanding

بنهاية هذا المقرر يكون الطالب قادرا على أن:

أ.١. يتعرف على مكونات الخلية النباتية واهم عضياتها ووظائفها.
أ.٢. يتعرف على وظائف الانسجة النباتية.
أ.٣. يتعرف على مميزات الشكل الخارجي للاعضاء النباتية المختلفة.
أ.٤. يتعرف على الظروف البيئية المؤثرة علي الشكل الخارجي والتركيب الداخلي لاعضاء النبات المختلفة.

ب- المهارات الذهنية Intellectual skills

بنهاية هذا المقرر يكون الطالب قادرا على أن:

ب.١.يميز بين انواع الخلايا النباتية تبعا لوظيفتها.
ب.٢.يفرق بين الانسجة البسيطة والمركبة.
ب.٣.يفرق بين تركيب الاعضاء النباتية لنباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين .
ب.٤.يستنتج اهم التأثيرات البينية علي تركيب الاعضاء النباتية المختلفة.

ج- المهارات المهنية والعملية للمقرر Professional and Practical Skills

بنهاية هذا المقرر يكون الطالب قادرا على أن

ج.١.يصنف الاعضاء النباتية تبعا لشكلها المورفولوجى.
ج.٢. يكتسب المهارة العملية لاستخدام الميكروسكوب الضوئى.
ج.٣.يكتسب المهارة العملية لانتاج قطاعات تشريحية يدوية.

د- المهارات العامة General Skills

بنهاية هذا المقرر يكون الطالب قادرا على ان

د.١.يعرض المعلومات ويفسر الظواهر شفاهة وكتابة.
د.٢. يعمل ضمن فريق عمل .
د.٣. يظهر القدرة على التعلم الذاتى.

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله العليم العظيم الذى وفقنا إلى اخراج هذا المؤلف وقد تم ذلك بعد تفكير وتردد دام عدة سنوات، وقد اشتمل هذا المؤلف على محاضرات مقرر مورفولوجيا النبات التي اعتدنا القاءها على طلبة السنة الأولى بكلية الزراعة بالفيوم - جامعة القاهرة ونظرا لضيق وقت المحاضرات لم تدرس المواضيع دراسة كافية مما جعلنا نقوم بنشر هذا المؤلف ونسأل الله أن يجعل فيه العون ليس فقط لطلبة كلية الزراعة ولكن لكل من يهتم بعلم النبات.

ويشتمل علم مورفولوجيا النبات على دراسة الشكل الخارجي والتركيب الداخلي للخلية والأنسجة النباتية وأعضاء النبات.

واكتفينا من الأعضاء بدراسة الجذر والساق والورقة ولم نتعرض لدراسة الزهرة حيث أننا نقوم بدراسة الزهرة بالتفصيل في مقرر تقسيم النباتات الزهرية.

وقد زود هذا المؤلف ببعض المصطلحات العلمية حتى تساعد الطالب في الأطلاع على المراجع الأجنبية، واشتمل على الكثير من الصور والرسومات التوضيحية التي قمنا برسم بعضها وأخذنا البعض الآخر من المراجع التي ذكرت في نهاية المؤلف.

والشكل الخارجي لأي نبات هو استخدام مزدوج المعنى: -

١-فهو مجمل نتائج بيضة مخصبة تعرضت لعدة مراحل تطورية طبيعية في تاريخ تطورها الفردي.

٢-وهو ذلك النوع النباتي الذى استحدث بمرور العصور من صور الحياة البسيطة وكيفية تطور أصلها وفروعه.

عبد الرحمن

ولقد خُلق النبات بشكل معين يضمن له بقاءه، ولهذا كان من الضروري أن تؤدى أعضاء النبات جميع الوظائف الحيوية الهامة، وهذا لا يمكن أن يتم إلا إذا كانت هذه الأعضاء موجودة في شكل محدد، وهو الشكل الأمثل لما خُلق له النبات.

ويتأقلم النبات على شروط ومتطلبات العوامل البيئية المحيطة به فيتحور أحدا أعضاء النبات في شكله الخارجي أو في تركيبة الداخلي لتأدية مهمة معينة تمكن النبات كله من مواصلة الحياة ويتميز النبات بقدرته الفائقة على التطور مما يمكنه من العيش في بيئات مختلفة تماما، وهكذا تتمكن بعض النباتات من الحياة على سطح الأرض وفي أعماق المياه ويلزم ذلك تغيير كبير في مورفولوجيا النبات.

ماذا يحدث داخل النبات، وما هي العمليات التي تحدث بداخله وتؤدى في النهاية إلى تكوين عضو ذى شكل محدد ليقوم بوظيفة أو مهمة معينة ؟

إن معلوماتنا عن هذا المجال – رغم كثرتها – ما زالت تمثل مرحلة البادرة من حياة النبات، وكما أن الآلة لا تفهم إلا من الإنسان الذى صنعها لخدمة أغراضه، فإن النبات بشكله وتركيبه لا يمكن أن يُفهم إلا عن طريق الخالق سبحانه وتعالى، الذى أوجده لخدمة جميع المخلوقات.

وقد سبق أن تفضل الأستاذ الدكتور / جلال الدين على النجدى.(رحمه الله) أستاذ النبات الزراعى بكلية الزراعة – جامعة القاهرة بمراجعة هذا المؤلف فله منا جزيل الشكر ومن الله أحسن الجزاء.

وفقنا الله لما فيه الخير، والله ولي التوفيق ،،،

أكتوبر سنة ٢٠١٤ م.

" بسم الله الرحمن الرحيم "

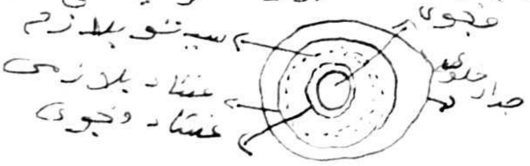
أولاً: الخلية النباتية : Plant Cell

تمكن العالم Robert Hooke سنة ١٦٦٥ أثناء فحصه لشرائح رقيقة من الفلين من اكتشاف الخلية النباتية، ثم جاء R. Brown في عام ١٨٣١م واكتشف النواة، وأعقبه Mohl سنة ١٨٤٦م واكتشف البروتوبلازم، وبعدها توالت اكتشافات بقية مكونات الخلية.

وتُعرف الخلية النباتية بأنها الوحدة التركيبية والوظيفية للكائن الحي، وكلمة خلية Cell مأخوذة من الكلمة اللاتينية Cellula بمعنى جزء أو حجرة صغيرة.

وتختلف الخلية النباتية في الشكل والحجم حيث تكون كروية Spherical أو بيضاوية Oval أو أنبوبية Tubular أو عديدة الأسطح Polyhedral ويتراوح حجمها من ٢٠-٢٠٠ µm وقد يصل القطر إلى ٠.١ µm كما في بعض الخلايا الليفية كما قد يصل طولها إلى نصف متر كما في ألياف نبات *Boehmeria nivea*.

وتتركب الخلية النباتية من جدار خلوى Cell Wall يحيط بالخلية والبروتوبلاست Protoplast (الذى يتكون من السيتوبلازم Cytoplasm والنواة Nucleus) ويحاط السيتوبلازم من الخارج بغشاء حيوى يسمى الغشاء البلازمى Ectoplast أو Plasalemma ومن الداخل (أي يفصل بينه وبين الفجوة) بغشاء حيوى آخر يسمى الغشاء الفجوى Tonoplast.

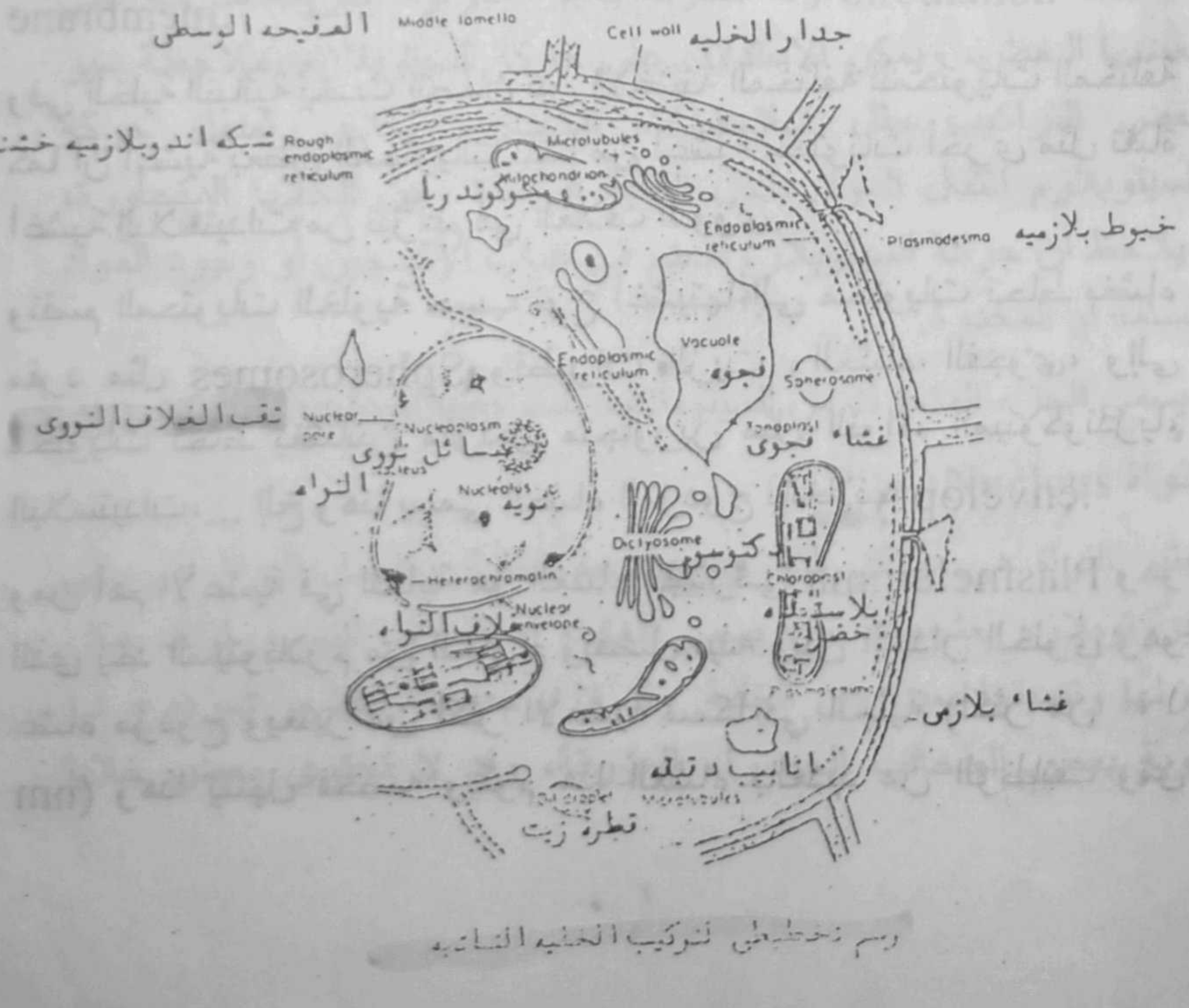


الأغشية الخلوية: -

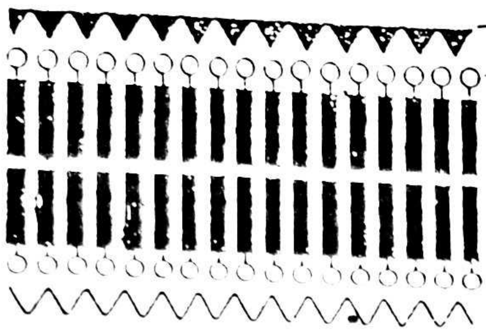
درست الأغشية الخلوية قبل رؤيتها بالميكروسكوب الالكترونى بزمن بعيد حيث أن سمكها يكون حوالى ١٠ nm.



رسم تخطيطي مجسم يوضح تركيب الخلية النباتية



رسم تخطيطي لتركيب الخليه النباتيه



رسم تخطيطى لتركيب الغشاء الحيوى

وتتفق معظم الآراء على أن الأغشية تتركب من طبقتين من البروتين تحصران بينهما طبقة من الدهون، تترتب جزيئاتها في طبقتين بحيث تكون المجموعة القطبية في كل منهما تجاه طبقة البروتين أما السلسلة الهيدروكربونية فتكون للداخل. ويعرف هذ التركيب بالغشاء المفرد Unit membrane.

وفي الخلية النباتية يحدث اتصال بين الأغشية المختلفة للمحتويات المختلفة كما أن أغشية بعض المحتويات تنشا من أغشية محتويات أخرى مثل نشأة أغشية البلاستيدات من تبرعم في الغلاف النووى.

وتقسم المحتويات الخلوية حسب نوع أغشيتها إلى محتويات تحاط بغشاء مفرد مثل Spherosomes وقطيرات الزيت والغشاء الفجوى، وإلى محتويات تحاط بغشائين مفردين متجاورين مثل النواة، الميتوكوندريا، البلاستيدات،... إلخ وهنا يسمى الغشاء المزدوج بالغلاف envelop.

ومن أهم الأغشية في الخلية هو الغشاء البلازمى Plasmelemma وهو الذى يحد السيتوبلازم من الخارج ويفصل بينه وبين الجدار الخلوى وهو غشاء مزدوج ويعتبر من أكثر الأغشية سمكا في الخلية (أكثر من ١٠ nm) وهذا يسهل فحصه ويقوم هذا الغشاء بالعديد من الوظائف ومن

أهمها النفاذية الإختيارية للمواد الداخلة إلى الخلية كما أن له دور في الامتصاص والافراز في الخلية كما يدخل في عملية تخليق الجدار الخلوى.كما يوجد الغشاء الفجوى، وهو غشاء مفرد يحيط بالسيتوبلازم من الداخل ويفصل بينه وبين الفجوة الخلوية، ويتميز الغشاء الفجوى بأنه أقل نفاذية لكثير من المواد التى يسمح بنفاذها وبمرورها الغشاء البلازمى.

السيتوبلازم Cytoplasm: -

السيتوبلازم هو المادة الحية التي تملأ فراغ الخلية، وفي الخلايا البالغة توجد بشكل طبقة رقيقة تبطن الجدار حيث تملأ الفجوة معظم حجم الخلية، والسيتوبلازم نظام غروى معقد التركيب أكثر لزوجة من الماء، ويتركب كيميائيا من ٨٥ – ٩٠% من وزنه ماء (وتنخفض هذه النسبة في البذور إلى حوالى ١٩%) والباقى من بروتينات كروية ودهون وسكريات وأملاح معدنية.

من أهم خواص السيتوبلازم أنه دائم الحركة rotation أو في اتجاهات متعاكسة circulation وقد تتحرك بعض أجزاؤه بطريقة منزلقة على بعضها البعض، ويمكن الاستدلال على حركة السيتوبلازم بملاحظة سير بعض التراكيب مثل البلاستيدات الخضراء مثلا، وتُسهل حركة السيتوبلازم انتقال المواد داخل الخلية الواحدة وبين الخلايا المتجاورة، ويلاحظ أن حركة السيتوبلازم تنعدم في غياب الأكسجين أو وجود المواد السامة أو المخدرة.

ويسمى الجزء المتحرك من السيتوبلازم باسم Hyaloplasm.

النواة Nucleus: -

تعتبر النواة هي مراكز التحكم في نشاط الخلية. وتنفصل النواة عن باقى البروتوبلازم بغشاء مزدوج يسمى الغشاء أو الغلاف النووى لذلك يمكن عزلها وتنميتها بعيدا عن الخلية. وقد لا يوجد هذا الغشاء المزدوج في أنوية بعض الطحالب الخضراء المزرقة، وقد لا تحتوى بعض خلايا

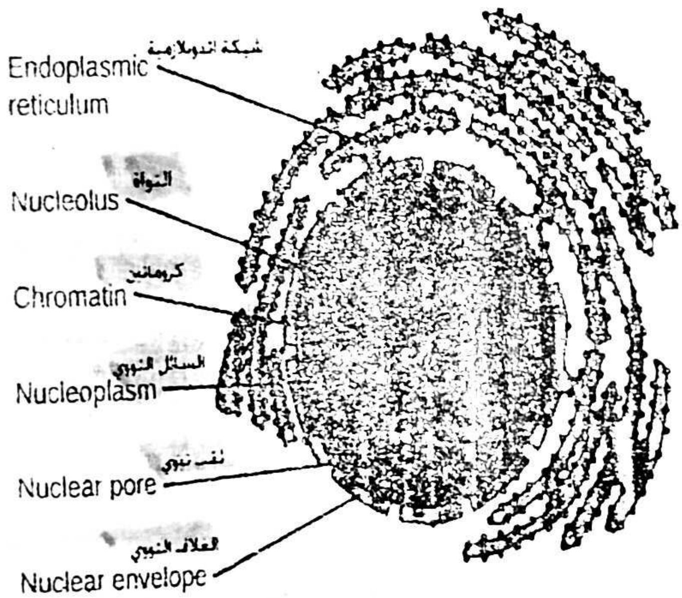
النباتات الراقية على أنوية مثل الوحدات الناضجة للأنابيب الغربالية، إلا أنها في خلال مراحل تطورها المبكر كانت تحتوى على هذه الأنوية.

وفي الخلايا المرستيمية يكون حجم النواة كبيرا بالنسبة لحجم الخلية حيث تحتل ٧٥% من حجم الخلية، وبنمو الخلية تقل النسبة تدريجيا.

وتتكون النواة من: -

أ) الغلاف النووى **Nuclear envelop**: -

وهو غشاء مزدوج يتكون من غشائين رقيقين يفصل بينهما فاصل بة مادة بين نووية ومن أهم مميزات الغلاف النووى هي وجود ثقوب به، وفي المنظر السطحى تبدو هذه الثقوب عديدة الأضلاع (غالبا ثمانية)



رسم تخطيطي لتركيب النواة

وذو امتدادات خيطية من المركز وحتى الحواف، أما في المنظر القطاعى فيشاهد غشاء رقيق جدا يغلفها من الخارج. ووظيفة هذه الثقوب غير مفهومة تماما حيث أن قطرها أكبر بكثير من جزيئات RNA، كما أن تركيبها معقد بالنسبة لهذه العملية فقط، وتدل الأبحاث أن هناك ميكانيكية ما يمكن بواسطتها قفل وفتح هذه الفتحات وبالتالى التحكم في خروج المواد من النواة إلى السيتوبلازم. ويحدث التلامس والاتصال بين النواة

وأغشية المحتويات الأخرى، إما عن طريق غشاؤها الخارجى فقط أو عن طريق الغلاف (أي الغشائين معا)، وفي الحالة الأولي يمتد الغشاء الخارجى ليلامس الشبكة الاندوبلازمية وفي هذه الحالة قد يوجد على هذا الغشاء ريبوسومات، وهذه الحالة تكون قليلة الحدوث.

وفي حالات أخرى تمتد المادة البين نووية مع الشبكة الاندوبلازمية ويكون لهما بعض الوظائف الانزيمية المشتركة. وفي كثير من الحالات يحدث اتصال غير مباشر بين الغلاف النووي وبين الأغشية الأخرى عن طريق تكوين بصيلات Belbs ناتجة من تبرعم هذا الغلاف النووى ويعتقد أنها قد تكون بدايات للميتوكوندريا والبلاستيدات.

ب) السائل النووى Nucleoplasm: -

وهو السائل الموجود بداخل النواة وقد يسمى أيضا Karyoplasm (باللغة اليونانية نواة = karyon).

ويتميز هذا السائل بقدرته على التحول العكسى من حالة sol إلى حالة gel ولكنه في الغالب يكون في الحالة السائلة sol، وقد توجد في السائل النووي بعض البللورات وهي غالبا بللورات بروتينية.

جـ) النويات Nucleolus: -

وهي أجسام كروية توجد داخل النواة وتكون أكثر كثافة في اللون من السائل النووي وتشبه في ذلك الكروماتين. ويتركب الجزء الأوسط منها من لويفات قطرها ٢ nm تتجمع في لويفات أكبر يصل سكمكها ١٠ nm أما حواف النوية فتكون ذو حبيبات متجمعة يصل قطرها ١٦ nm. وتتركب النويات كيميائيا من الـ RNA وبروتين وكميات بسيطة من الـ DNA ولهذا فهى تشبه الريبوسومات الموجودة في السيتوبلازم. ومع أن النويات تمثل فقط حوالي ١٠% من حجم النواة إلا أن وزنها الجاف يعادل ٤٠ % من الوزن الجاف للنواة ويرجع ذلك لتركيز البروتين، RNA فيها.

وتحتوي نواة الخلية المرستيمية والخلايا الصغيرة على نويتين وقد يرجع ذلك لأن كل مجموعة كروموسومية فردية haploid يمثلها نوية واحدة، وفي مثل هذه الخلايا المرستيمية تكون النويات واضحة جدا وسهلة التميز.

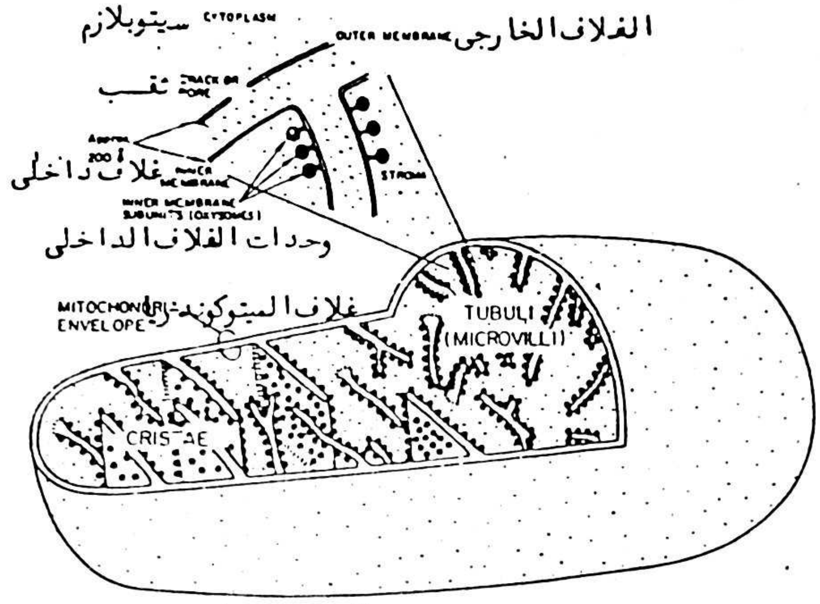
د) الكروموسومات Chromosomes: -

وهي الأجسام الحاملة للمادة الوراثية. وتتركب من الكروماتين، وتكون بشكل شبكة من الخلايا الغير منقسمة، ويتركب كل كروموسوم من خيطين متوازيين يسمي كل منها chromatid يتصلان ببعضهما عن طريق- centromere أو أكثر ، ويسمي كل خيطين معا chromonemata.

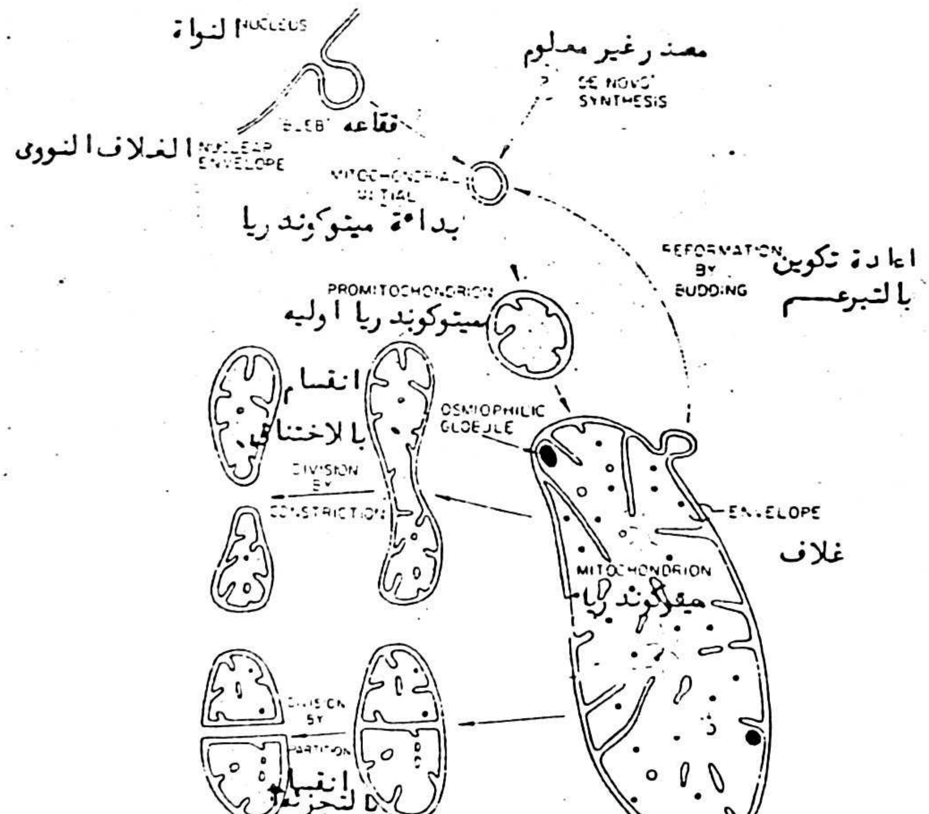
الميتوكوندريا Mitochondria

تعتبر الميتوكوندريا هي بيوت إنتاج الطاقة في النبات حيث يتم إنتاج الـ ATP فيها أساساً والذي بفقده جزئ فسفور يتحول إلى ADP وطاقة. والميتوكوندريا ليس لها شكل محدد Pleomorphic فقد تكون عصوية أو كروية أو خيطية متفرعة. ويصل طولها حوالي ٥µm وقطرها ٠.٥- ١µm، وقد أشتق اسم الميتوكوندريا من الكلمتين اليونانيتين chondrion، mitos بمعني خيط وحبيبات. وقد أمكن عزل- الميتوكوندريا ودراستها وقد وجد أنها تتركب كيميائياً من ليبوبروتين وفسفوليبيدات و RNA وكميات ضئيلة من DNA. وتحاط الميتوكوندريا بغشاء مزدوج (أي غلاف) سمك كل منهم حوالي nm ٢.٥ بينهما Perimitochondrial Space بسمك حولي nm ١٠.

ويختلف الغشاء الخارجي عن الداخلي (بعكس الحال في الغلاف النووي) فالغشاء الخارجي مرن جداً بعكس الداخلي ويحتوي على ثقوب أو شروخ حتى يحدث اتصال بين Perimitochondreial Space وبين السيتوبلازم وكذلك لخروج الـ ATP المتكون إلى السيتوبلازم ويصل قطر هذه الثقوب nm ٢.٨.



الميتوكوندريا



تطور نشأة الميتوكوندريا

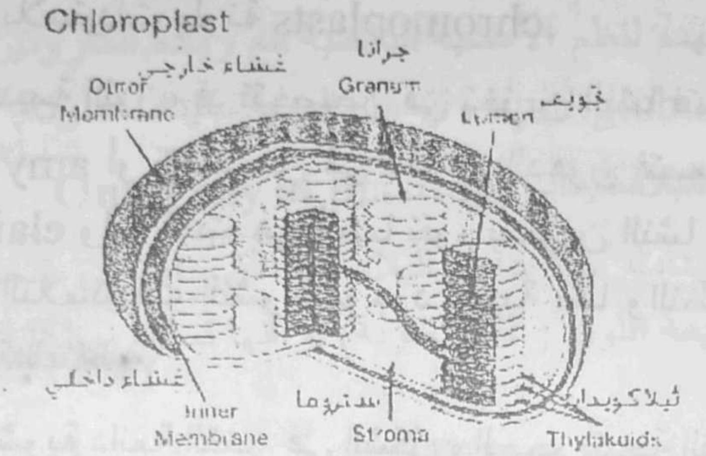
أما الغشاء الداخلي فيكون عبارة عن إنحناءات إلى داخل الـ stroma وتسمى هذه الإنحناءات باسم tubuli أو microvilli وهي عبارة عن نتوءات أصبعية الشكل تعمل على زيادة السطح الداخلي لرفع الكفاءة الوظيفية. ويترتب عليها ما يسمى submembrane units أو oxysomes على أبعاد ٧.٥-١٠ nm وكل منهما يشكل عنق ٤.٥-٥ nm ورأس كروي قطره ٣-٥ nm ويحتوي العنق أساسا على ATPase. وتحتوي الميتوكوندريا على RNA، DNA ولكنه مختلف عن ذلك الموجود بالنواة كما أنه يكون بكمية قليلة ويعتقد انه هو الذي يوجه الميتوكوندريا، وأن DNA المتيوكندريا يقوم فقط ببعض الوظائف أو السيطرة على تخليق بعض الانزيمات الخاصة بها، كما لوحظ وجود بعض الريبوسومات داخلها ذو قطر ١٦nm تساعد على نسخ المعلومات من الـ DNA فيها.

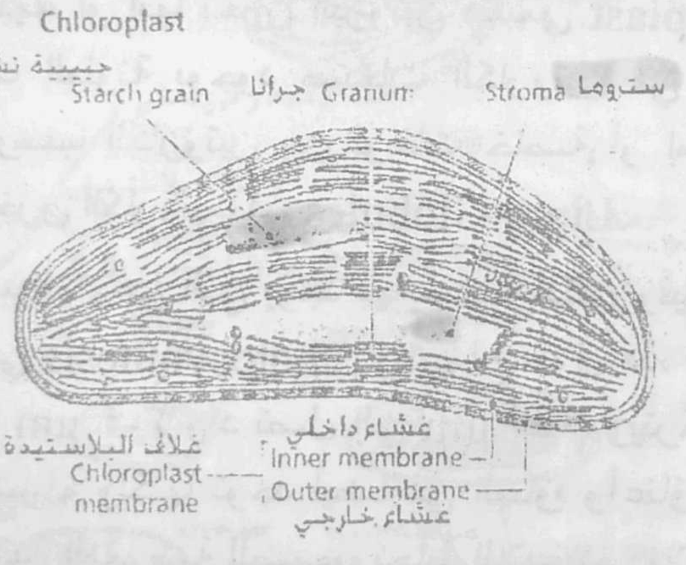
وتدل الأبحاث على أن الميتوكوندريا تنشأ من بداءة mitochondrial initial ذو غشاء مزدوج ويصل قطرها ٥٠ nm وتكون غزيرة في الخلايا المرستيمية ثم تتسع هذه البداءات وتخرج نتوءات من غشائها الداخلي عمودية على سطحه (وهذا يميزها عن بداءة البلاستيدة التي تكون نتوءاتها موازية للسطح الخارجي) وتتطور هذه البداءات فيما بعد إلى ميتوكوندريا كاملة.

وقد تنشا البداءات من حدوث تبرعم في الغلاف النووي أو من غلاف ميتوكوندريا كاملة غير أنها لوحظت في الخلايا التي أزيلت منها النوة والميتوكوندريا تماما مما يدل على أنها قد تنشا من مصدر مجهول، وقد يحدث تكاثر للميتوكوندريا الكاملة إما بالإنقسام عن طريق اختناق في الوسط ثم الانفصال إلى ٢ ميتوكوندريا جديدة أو بالإنقسام عن طريق التجزؤ حيث تنقسم المتيوكوندريا إلى إثنين داخل الغلاف ثم تنفصل عن بعضها.

البلاستيدات Plastids: -

البلاستيدات هي أحد المحتويات الحية المميزة للنباتات (إلا أنها لا توجد في الفطريات , الطحالب الخضراء المزرقة والبكتريا). وهناك أنواع كثيرة من البلاستيدات تتميز





رسم تخطيطي يوضح تركيب البلاستيدة الخضراء

جميعها بوجود الغشاء المزدوج (الغلاف). وللبلاستيدات أشكال عديدة ولكن الشكل الشائع لها في النباتات الراقية هو الشكل القرصي Disc-shape أو البيضاوي Ovoid.

وتختلف المصطلحات الخاصة بتسمية البلاستيدات نظرا لتحولها من نوع لآخر.

فعلى سبيل المثال، فإن البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts (التي لا يوجد بها صبغات) يمكن تحت ظروف معينة أن يتطور بها الكلوروفيل وتتحول إلى بلاستيدات خضراء chloroplasts وهي يمكنها أن تتحول مرة أخرى الى بلاستيدات ملونة chromoplasts.

والبلاستيدات عديمة اللون، قد تتخصص في **تخزين النشا** فتسمى بلاستيدة **نشوية** amyloplast أو تتخصص في **تخزين الدهون** فتسمى بلاستيدات **زيتية** elaioplasts وإن كانت هي أيضا تقوم بتخزين النشا بالإضافة إلى الزيت. وتتميز البلاستيدات النشوية بوجود حبيبة نشا والنظام الغير جيد التكشف للاغشية الداخلية.

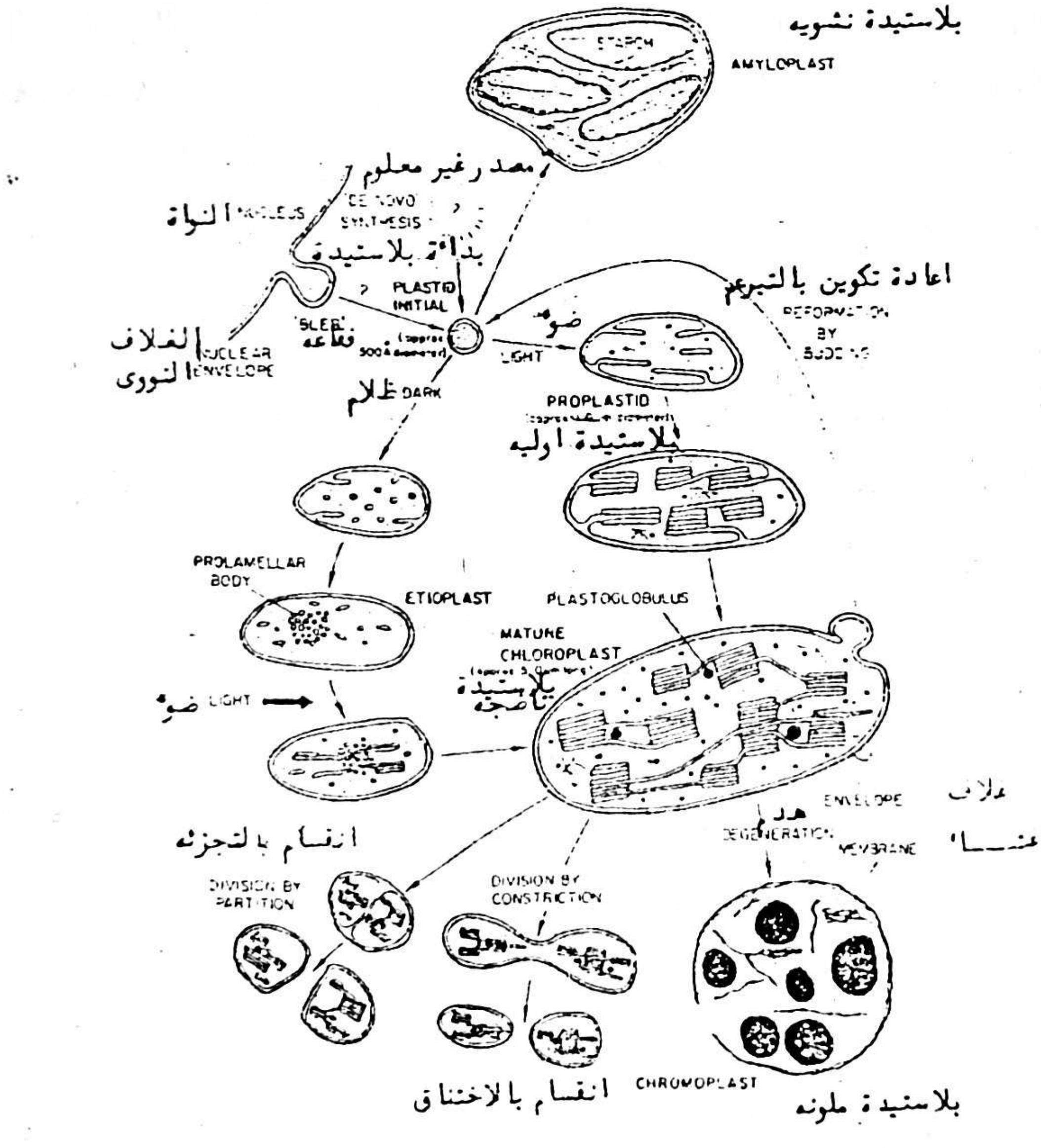
والبلاستيدات النشوية دائمة التغير في الشكل والحجم نتيجة التغير في حجم حبيات النشا بداخلها، او أنها تخزن البروتين فتسمى proteinoplast، وتتميز البلاستيدات الملونة بوجود صبغات الكاروتين في حالتين إما **fibrillar** حيث يرسب الكاروتين بين لويفات خاصة أو إما أن تكون **globular** حيث يخزن الكاروتين في Lipid Globules.

والبلاستيدات الخضراء وهي التي يوجد بها صبغة الكلوروفيل ويتم فيها عملية البناء الضوئي Photosynthesis. ويتروواح طول هذه البلاستيدات ٥ µm وعرضها ٤-٣ µm وقد تصل إلى ١٠٠ µm ويتركز وجودها في الاوراق الخضراء ولكنها توجد أيضا في الساق وأعناق الأوراق وكل الاعضاء النباتية المعرضة للضوء وتحاط البلاستيدة بغلاف مزدوج من غشائين وتنشأ البلاستيدة من بداءة البلاستيدة plastid initial مستطيلة حتى تصل الى ١-٢ mm ثم ينشأ منها نموات من الغشاء الداخلي (موازية لسطحه) وبذلك تتكون بلاستيدة اولية proplastid التي (تحت ظروف الاضاءة الكافية) تتحول اغشيتها الداخلية الي حزم الجرانا

وتتصل هذه الجرانا ببعضها بواسطة الاغشية stroma lamella، ويلاحظ ان حرمان البلاستيدة الخضراء من الضوء يؤدى الى تكوين etioplast تحتوى على prolamellar body وهي يمكنها أن تتحول إلى بلاستيده خضراء مرة أخرى عند وجود الضوء الكافي. والبلاستيدات الخضراء إما أن تنقسم بالانشقاق أو التجزئة (مثل الميتوكوندريا) أو يحدث بها تهدم لنظم الأغشية الداخلية مع زيادة الكاروتين بشكل بللورات وترسيب lipid globule وتتحول إلى بلاستيدات ملونة.

تطور نشأة البلاستيدات: Ontogeny of plastids

تنشأ البلاستيدات من بداءة البلاستيدة التى اما ان تتحول مباشرة الى بلاستيدة عديمة اللون (غالبا نشوية) أو أنها تسلك مسلكا اخر حسب وجود الضوء.

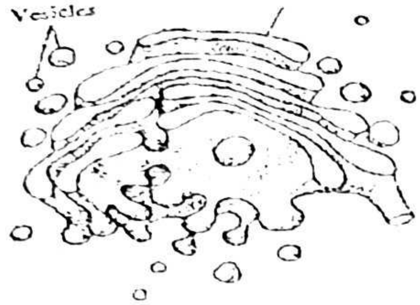


تط. نشأة البلاستيدات ١٤

ففى حالة وجود الضوء يتطور الغشاء الداخلى من الغلاف الى اغشية داخلية وتتحول الى بلاستيدة اوليه تتطور فيها الجرانا اما فى الظلام فتحول الى etioplasts ويتطور فيها prolamellar body وهى يمكنها ان تتحول الى بلاستيدة خضراء مرة اخرى عند وجود الضوء الكافى. وعن منشأ البلاستيدة فإنها اما أن تنشأ من تبرعم في الغلاف النووي أو غلاف بلاستيدة خضراء او انها توجد بطرق غير معروفه لانها وجدت في الخلايا التي [illegible] منها الانوية والبلاستيدات.

أجسام جولجى (الدكتوسومات) Golgi apparatus

تسمى هذه الأجسام إما أجسام جولجى نسبة إلى مكتشفها أو تسمى دكتوسومات (من الكلمة اليونانية dictyos بمعنى شبكة). وتتكون من حزمة من المستودعات cisternae (مسافات يحصرها أغشية) مرتبة فوق بعضها. وهذه الـ cisternae عبارة عن صفائح منبسطة ذات قنوات في نهايتها حويصلات، وقد تتقاطع هذه القنوات مع بعضها Anastmosis لذلك يفضل تسمية القناة والحويصلات باسم الدكتوسومات، أما التركيب كله فيسمى جهاز "جولجى". ويبلغ سمك لـ cisternae ‏٠.٥-١ µm وتكون مرتبة فوق بعضها البعض (٢-٦ طبقات قد تصل لـ ٢٠)، وتحاط بغشاء من ثلاثة طبقات Trilamellar. وتدل الأبحاث على أن الـ cisternae ليست فقط مرتبة فوق بعضها ولكنها تتصل معاً بالأغشية أيضاً حيث أنها تنفصل عن بعضها البعض عند عزلها من الخلية. وقد يتبرعم من الـ cisternae حويصلات قطرها [illegible] µm [illegible] وتكون عدة تجمعات [illegible] الصفة [illegible] الغشاء [illegible] حويصلات



جهاز جولجى
Golgi apparatus

ووظيفة الدكتوسومات هي إنتاج بعض المواد (خاصة السكريات العديدة) وإخراجها خارج الخلية عن طريق هذه الحويصلات، أو تكوين الجدار الخلوي الجديد عقب انقسام الخلية حيث تنقل الحويصلات مفردة أو بعد التحامها معاً مادة الجدار الفاصل بينما تلتحم أغشيتها لتكون الغشاء البلازمي الجديد.

وحتى في الخلية البالغة فإن الحويصلات تنقل الصموغ والمخاط الى خارج الخلية، وقد وجد أن الخلايا المفرزة تحتوي على أعداد كبيرة من الدكتوسومات.

وقد وجد أن الحويصلات قد تلتحم مع الفجوات وتصب موادها بها أو أنها قد تنشئ هذه الفجوات. وتحتوي الدكتوسومات على أعداد كبيرة من الإنزيمات.

وتقوم القنوات الدقيقة microtubules بتوجيه سير الحويصلات حتى الغشاء البلازمي حيث تُخرج محتوياتها للخارج إما بالتحام أغشيتها مع الغشاء البلازمي أو يحدث تكسر في الغشاء البلازمي في مقابل الحويصلة ثم يعاد تخليق هذا الغشاء البلازمي من جديد.

ويحدث تكاثر للدكتوسومات في الخلية بطرق عديدة إما بانفصال الـ cisternae ونموها من جديد أو بتكسر هذه الـ cisternae وانفصالها ونموها من جديد.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplamic Reticulum (ER): -

الشبكة الاندوبلازمية نظام من الأغشية الثلاثية Tripartite unit membrane يتكون من أنابيب دقيقة tubules وحويصلات vesicles وكذلك cisternae. ويتراوح سمك الأغشية حوالي nm ٨-٧ أي أقل من البلازما لما وأسمك من التونوبلاست.

وتشاهد الـ ER في شكلين أساسيين: الناعم smooth والخشن rough، ففي الحالة الأولى ترتبط الأنابيب والحويصلات والـ cisternae سويا، أما في حالة ER الخشنة فتوجد الريبوسومات على السطح الخارجي في أزواج متوازية عن أبعاد بضع عشرات من nm بين كل زوجين. ويشير وجود ER الناعم في الخلية إلى عدم نشاطها، أما ER الخشنة فتوجد في الخلايا النشطة فمثلا خلايا الكامبيوم الخاملة خلال الشتاء تحتوي على ER ناعم إما في الربيع حيث يزيد النشاط فيزيد عدد الريبوسومات في السيتوبلازم وكذلك تتحول ER إلى خشنة.

ويعتقد أن المواد التي تتكون في الحويصلات تنتقل إلى داخل cisternae وتتجمع فيها حتى يحدث تبرعم في الجدار الخارجي للـ ER وتنتقل هذه المواد إلى جدار الخلية المتكون فيما بعد. هذا وتشارك ER أيضا في تكوين زخارف الجدار والافرازات الخارجية وتكون الصفائح الغربالية وكذلك الغلاف الخارجي exine لحبة اللقاح.

والـ ER الناعمة لها وظيفة في توجيه الـ microtubules. ويختلف ارتباط ER مع المحتويات الحية الأخرى، ففي مراحل معينة من تطور الخلية يتصل غشاء ER مع الغلاف النووي وأحيانا تتصل مع البلازمالما.

٢٢

الريبوسومات Ribosomes: -

وهي أجسام خاصة بتخليق البروتين ذو شكل كروي أو بيضأوي قطره حوالي ٢٠ nm وتتركب كيميانيا من ٦٠% من وزنها RNA (ذات أصل نووي) والباقي من بروتين.

وتقسم الريبوسومات حسب كفاءة ترسيبها sedimentation coefficient إلى مجموعتين: الأولى ريبوسومات ١ = ١s ١٠ swedberg) ٨٠s والثانية ريبوسومات ٧٠s، وتتواجد الريبوسومات (٨٠s) في سيتوبلازم خلايا النباتات الراقية Eucaryon بينما تنتشر الريبوسومات الأخرى (٧٠s) في سيتوبلازم خلايا النباتات ذو النواة الغير حقيقية procaryon وكذلك في ميتوكوندريا وبلاستيدات النباتات الراقية Eucaryon.

الليسوسومات Lysosomes: -

وهي أجسام تحاط بغشاء مفرد واحد ويبلغ سمكها ١-١.٥ µm، وتتميز بوجود الانزيمات المحللة بداخلها مثل الانزيمات المحللة للبروتين protenase والاميلاز amylase الذي يحلل النشا وانزيمات تحليل الفوسفات phosphatase والانزيمات المحللة لـ DNA و RNA... إلخ.

وبذلك تكون فائدتها أنها (عند إزالة الغشاء) تقوم بهضم المحتويات لذلك تسمى الأجسام الإنتحارية Suicide bages، وهناك رأي بأنها مخزن لهذه الانزيمات لحماية باقي الخلية من تأثيرها. وهناك تشابه كبير (في الصور المأخوذة) بين الليسوسومات والفجوة.

وقد تنشأ هذه الليسوسومات من الـ ER بعد اتحاد بعض الحويصلات المنفصلة عنها.

سفيروسوم Spherosome: -

أجسام صغيرة قطرها حوالى ١ μm تشبه الليسوسومات في احتوائها على الانزيمات ولكن هذه الانزيمات ذات طبيعة دهنية أساساً، وتنشأ من ال ER بالتبرعم.

الانابيب الدقيقة Microtubules: -

وهي نظام من الانابيب الدقيقة الموجودة في الخلايا النشطة (وتتشابه في تركيبها مع الأسواط Flagella) ويتراوح قطر كل منها ٢٥ nm، وجدراها يتكون من اتحاد ١٣ وحدة. وتتركب من بروتين. وفي الخلايا التي لا تنقسم تتجمع هذه الأنابيب على حواف السيتوبلازم ،وقد تكون متصلة بالبلازما لما، وهي تشبه الأنابيب التي تكوّن خيوط المغزل أثناء الانقسام والوظيفة الأساسية لهذه الأنابيب توجيه الحويصلات الناشئة من جهاز جولجي وكذلك الأجزاء المكونة للجدار أثناء انقسام الخلية، ويتم تخليق هذه الأنابيب من ER.

المحتويات الغير بروتوبلازمية: -

الفجوة Vacuole: -

إشتق هذا التعبير من الكلمة اللاتينية Vacuus بمعنى فارغ. وهي عبارة عن تجاويف في السيتوبلازم تملأ بالعصير الخلوي cell sap الذي يختلف تركيبه من خلية لأخرى وحتى بين الفجوات المختلفة لنفس الخلية. وتبدو الفجوات في قطاعات الأنسجة الحية إما عديمة اللون أو قد تكون ملونة. أما في القطاعات المستديمة فتظهر الفجوات بشكل مساحات شفافة محاطة بالسيتوبلازم (الذي يأخذ صبغة التحضير) ويفصلها عنه غشاء التونوبلاست.

ويتكون العصير الخلوي أساساً من الماء وبعض المواد الأخرى إما بحالة ذائبة أو غروية وتمثل الأملاح والسكريات والأحماض العضوية الجزء الذائب بينما تمثل البروتينات وبعض المواد الدهنية الجزء الغروي،

ويكثر وجود التانين في العصير الخلوي كما توجد صبغات الأنثوسيانين الملونة كذلك. وتعتبر كل هذه المواد الموجودة في العصير الخلوي ergastic إما أنها مخزنة لحين استعمالها مرة أخرى أو أنها نواتج التمثيل الغذائي.

وتختلف درجة لزوجة العصير الخلوي (ولكنها عموما أقل لزوجة من السيتوبلازم) وبزيادة المواد الغروية والتانينات تزداد لزوجته. وقد يكون العصير الخلوي قلويا.

كما تختلف درجة تركيز العصير الخلوي وعند زيادة المواد الذائبة بدرجة كبيرة فإنها تتبلور، ويشيع حدوث ذلك في البذور نتيجة فقد الماء أو عند وضع الخلية في محلول زائد التركيز. ويختلف شكل وحجم الفجوات حسب درجة تطور الخلية ونشاطها. ففي الخلايا المرستيمية تكون الفجوات كثيرة العدد وصغيرة الحجم جدا، أما الخلايا الناضجة فإنها تحتوي غالبا على فجوة واحدة مركزية، وبزيادة حجم الخلية المرستيمية يزداد حجم الفجوة بها بدرجة أكبر من السيتوبلازم والجدار.

وتختلف الآراء في نشأة الفجوات، فقد تنشأ الفجوة نتيجة وجود غرويات معينة تجذب الماء حولها وهنا قد لا تحاط بالتونوبلاست، وهناك رأي آخر بأنها تنشأ من cisternae الـ ER.

المحتوى الغذائي Ergastic substances: -

وهي المواد الناتجة من عملية التمثيل الغذائي، وقد تكون أيضا مواد مخزنة، ولكنها عادة تكون أبسط في التركيب من الأجسام البروتوبلازمية. وتشتمل هذه المواد على الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والمواد المرتبطة بها والأملاح في صورة بللورات. بالإضافة للتانين والراتنج والصموغ.

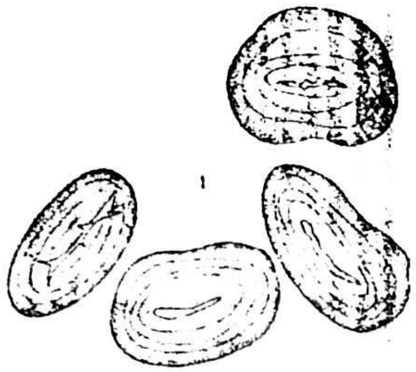
١-الكربوهيدرات Carbohydrates: -

وتوجد أساسا على هيئة سليلوز في جدار الخلية أو نشا الذي يعتبر من المواد المخزنة.

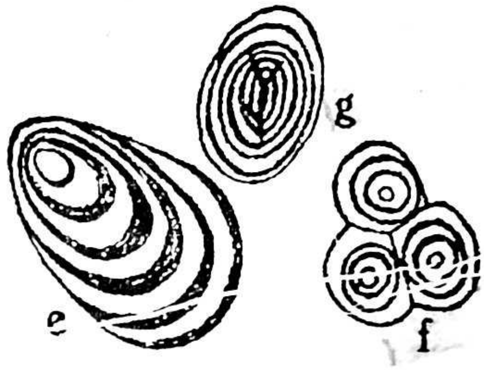
ويتركب السليلوز أو النشا من سلسلة طويلة من جزيئات الجلوكوز مرتبة بطريقة منتظمة.

ويوجد النشا في شكل حبيبات النشا وهي ترسيب للنشا حول السرة hilum التي قد تكون مركزية centric أو غير مركزية excentric. فمن المعروف أن حبيبات النشا تتكون داخل البلاستيدات عديمة اللون فيتحول النشا من نشا تمثيلي إلى نشا اختزاني. فإذا كانت بداءة السرة في وسط البلاستيدة تنشأ حبيبات نشا مركزية السرة. ويتم في أغلب حبيبات النشا ترسيب النشا في صورة طبقات متعاقبة. ويختلف سبب ظهور هذه الطبقات من نبات لآخر، ففي حبيبات النشا في النجيليات يرجع ظهور الطبقات إلى تعاقب فترات الاضاءة والاظلام حيث لا تلاحظ هذه الطبقات في حبيبات النشا الناتجة من نباتات تعرضت لظروف اضاءة مستمرة. أما في حالة البطاطس تظهر الطبقات أيضا في النباتات المعرضة لاضاءة مستمرة. وقد لوحظ أيضا أن حبيبات نشا البطاطس لا تظهر بها هذه الطبقات إذا كانت الحبيبات جافة، وقد دلت الدراسات السيتوكيميائية أن سبب ظهور الطبقات في حبيبات النشا هو أن الحبيبة تتكون من طبقات متبادلة من الأميلوز والاميلوبكتين، والأول عبارة عن وحدات جلوكوز مستقيمة ترتبط برابطة ٤-١ ∞ أما الأميلوبكتين وهو يشبه الأميلوز ولكن يحدث تفرع في ذرة الكربون رقم ٦. ونظراً لأن الأميلوز يكون محبا للماء أكثر من الأميلوبكتين فإن مناطق حبيبة النشا المكونة من الأميلوز تمتص ماء أكثر من المناطق المكونة من الأميلوبكتين فتظهر الطبقات المختلفة في درجة لمعانها ومما يؤيد ذلك أنه عند نزع الماء من حبيبات نشا البطاطس فلا تظهر هذه الطبقات. ويحتوي نشا البطاطس أيضا على

حبيبات نشا نصف مركبة حيث تحاط جبتين بغلاف مشترك، وكذلك توجد حبيبات نشا مركبة من أكثر من سرة.



حبيبات نشا في البقوليات



حبيبات النشا

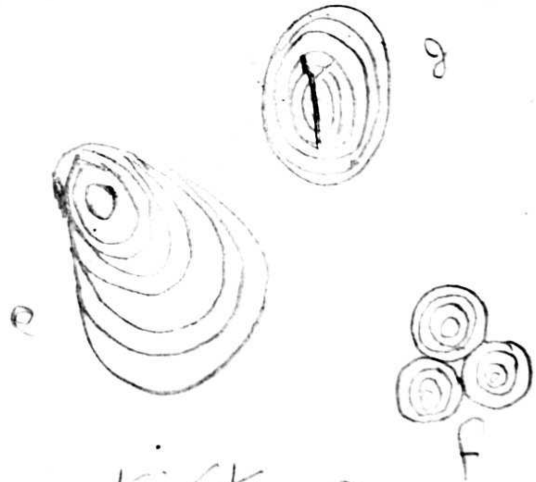
e) حبيبة نشا بسيطة في البطاطس

f) حبيبة نشا مركبة في البطاطس

g) حبيبة نشا ذات سرة متشققة في البقوليات



حبيبات نشا في البقوليات

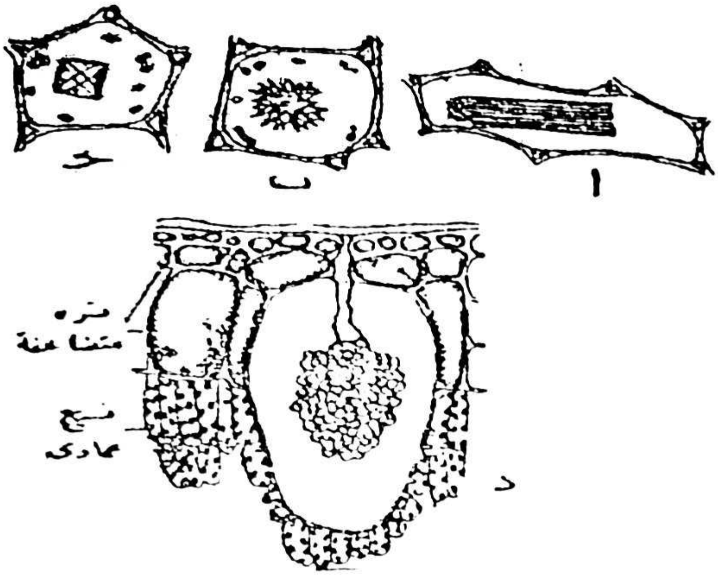


حبيبات نشا

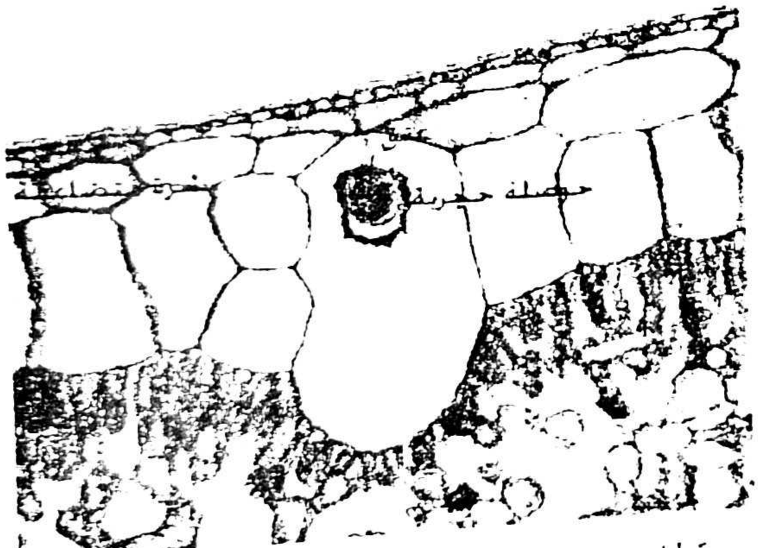
e) حبيبة نشا بسيطة في البطاطس

f) حبيبة نشا مركبة في البطاطس

g) حبيبة نشا ذات سرة متشققة في البقوليات



أ- بللورة أبرية (رافيدات)
ب- بللورة نجمية
جـ- بللورة معينة
د- الحوصلة الحجرية



قطاع عرضي في نصل ورقة نبات مطاط الهند
يوضح تركيب الحوصلة الحجرية والبشرة المتضاعفة

ويلاحظ أن حبيبات النشا في البقوليات.تأخذ شكل خاص حيث تظهر بها تشققات شعاعية تخرج من السرة المركزية ويرجع سبب ذلك لطريقة جفاف هذه الحبيبات أثناء نضج البذور.

وينتشر وجود حبيبات النشا في أجزاء النبات المختلفة ولكنها تزداد في الأنسجة أو الأعضاء المخزنة مثل الدرنات والريزومات والكورمات.

٢-البروتينات Proteins: -

تعتبر البروتينات من المكونات الأساسية للأجسام البروتوبلازمية الحية ولكن قد توجد البروتينات أيضا كمواد مخزنة (غير حية) في السيتوبلازم إما على صورة متبلورة أو غير متبلورة amorphous والبروتين المتبلور crystalline يوجد في صورة حبيبات الاليرون aleuron grains (مشتقة من الكلمة الاغريقية aleuron بمعنى دقيق القمح) تحتوي على بروتين متبلور وغير متبلور، وتوجد في البذور وبعض الدرنات في طبقات خاصة.

وتحاط حبيبات الاليرون بغشاء بروتيني يحيط بطبقة بروتين غير متبلور، هذا في أبسط صور حبيبات الاليرون وتسمى حبيبة أليرون بسيطة، أما حبيبات الاليرون المركبة فتتركب من غشاء وبداخله مادة أساسية matrix يوجد فيها جزء سداسي الشكل يسمى crystalloid وهو بروتين متبلور وجزء آخر كروي globoid يتركب من بروتين غير متبلور، وفي نباتات أخرى قد يغيب أحدهما وكذلك قد توجد بللورات.

وعموما تكون حبيبات الاليرون أصغر من حبيبات النشا، وتصبغ باللون البني بواسطة اليود.

٣-الدهون والزيوت Fats and Oils: -

ينتشر وجود الدهن والزيوت في أجزاء النبات المختلفة، ويتشابه النوعان كيميائيا إلا أن النوع الأول (الدهون) أكثر صلابة من الثاني (الزيوت)، وكذلك توجد الشموع والسوبرين.

وتعتبر الدهون والزيوت مواد غذائية مخزنة توجد صلبة أو سائلة مبعثرة في السيتوبلازم أو في البلاستيدات الزيتية elaioplast أو في الاسفيروسوم spherosome محاطة بغشاء مفرد، بالإضافة لهذا توجد الزيوت الطيارة في الأنسجة الإفرازية.

٤ -البللورات Crystals: -

تحتوي الكثير من الخلايا على بللورات من أملاح الكالسيوم بأشكال مختلفة وهي تمثل نواتج تمثيل غذائي أو تنشأ لاتحاد أيون الكالسيوم بأحد نواتج التمثيل الغذائي الضارة.

وأغلب البللورات تتركب من أكسالات الكالسيوم، وتأخذ أشكال مختلفة:

أ) معينة أو هرمية prism وهي إما بشكل منشور رباعي أو شكل هرمي.

ب) نجمية drus وهي عبارة عن منشورات دقيقة تخرج من نقطة واحدة في جميع الاتجاهات.

ت) وريدية rosette تجمعات دقيقة متساوية في الطول وتخرج من نقطة واحدة.

ث) رافيدات Raphides حزم من بللورات ابرية.

ج) بللورات رملية Sandy crystals وهي حبيبات دقيقة متجمعة سوياً.

وبالإضافة إلى بللورات أكسالات الكالسيوم توجد أيضا في النباتات بللورات من كربونات الكالسيوم تعرف بإسم الحويصلة الحجرية cytolith وهي تتركب من خلية حويصلية lithocyst. وطريقة نشأة الحويصلة الحجرية في نبات مطاط الهند بأن تكون الخلية الحويصلة في مبدأ الأمر مطاولة ذو نواة مستطيلة وسيتوبلازم كثيف ثم بنشأ قدم أو عنق peg or stalk في قمة الخلية من أعلى، بينما تنتقل النواة لأسفل الخلية، وتستمر استطالة الخلية الحويصلة دون انقسام بينما تنقسم الخلايا المجاورة (لتكون

البشرة المتضاعفة المميزة لمطاط الهند) ثم ينتقل أغلب السيتوبلازم لأسفل ويتركز حول النواة ثم يمتد العنق ويبدأ ترسيب كربونات الكالسيوم.

وينتشر وجود البللورات عموما في كل أجزاء النبات إما بطريقة عشوائية أو داخل خلايا خاصة تسمى idioplasts (مشتقة من الكلمة اليونانية idio بمعنى شاذ) وهي خلايا متخصصة أكبر من الخلايا المجاورة لها. وفي بعض النباتات مثل القلقاس قد يزداد وجود البللورات بشكل رافيدات. وتعتبر البللورات في بعض الحالات ذات أهمية تقسيمية هامة في بعض الأجناس مثل الجنس *Centaurea* الذي يحتوي على ١٢ نوع تم تقسيمهم إلى فئتين حسب وجود البللورات المعينة أو البللورات المستقيمة المنحنية Curvilinear.

٥-التانين Tannis: -

ينتشر وجود التانين في أجزاء النبات المختلفة، وقد يوجد في خلايا خاصة تسمى باسم أكياس التانين Tannin sac ترتبط مع بعضها في نظام خاص، وقد تتشرب بعض جدر الخلايا بالتانين كما في خلايا الفلين. ووظيفة التانين هي وظيفة وقائية أساساً من الجفاف والطفيليات وأضرار الحيوان. وقد يكون له دور في عمليات تحول وانتقال الكربوهيدرات كما أنه يحافظ على تجانس السيتوبلازم.

الجدار الخلوي Cell Wall: -

يعتبر وجود الجدار الخلوي (الغير بروتوبلازمي) من المميزات الرئيسية للخلايا النباتية عن الحيوانية (على الرغم من أن البعض القليل من الخلايا النباتية ليس لها جدار مثل بعض خلايا التكاثر اللاجنسي في النباتات البدائية). ويحدد الجدار الخلوي شكل الخلية وقوام النسيج. ويقوم الجدار الخلوي بوظيفة تدعيمية ووقائية للخلية.

التركيب الميكروسكوبي للجدار: -

يختلف سمك الجدار الخلوي حسب نوع الخلية ودرجة تطورها- وعموما فإن الخلايا الصغيرة السن تكون ذات جدر أقل سمكا من الخلايا الأكبر سنا. وعلى حسب درجة التطور، يمكن تقسيم الجدار الخلوي إلى ٣ مناطق:

أ) الصفيحة الوسطى Middle Lamella: -

وهي المادة التي تلحم الخليتين المتجاورتين. وتتركب أساساً من مواد بكتينية متحدة مع الكالسيوم والمغنسيوم. وفي الأنسجة الخشبية يحدث تلجنن في الصفيحة الوسطى. ويصعب تمييز الصفيحة الوسطى ميكروسكوبيا خاصة عند تشربها باللجنين في حالة الأنسجة الخشبية، وتميز في هذه الحالة ضمن باقي الطبقات وتسمى حينئذ باسم الصفيحة الوسطى المركبة compound middle lamella.

ب) الجدار الابتدائي Primary Wall: -

وهو أول جدار يتكون في الخلية وقد يكون الجدار الوحيد للكثير من الخلايا ويتركب أساساً من السليلوز والهيمسيليوز وبعض البكتين، وقد يتلجنن في بعض الخلايا.

ونظرا لأن هذا الجدار ينشأ قبل اكتمال وصول الخلية لحجمها فإنه يزيد في المساحة بكبر الخلية وكذلك يمر بفترات معينة للزيادة في السمك، أو قد تحدث الزيادة في المساحة والسمك في وقت واحد. وإذا كان الجدار الابتدائي سميكا فتوجد به حلقات lamination مما يدل على حدوث الزيادة في السمك على فترات متعاقبة.

وغالباً ما يرتبط الجدار الابتدائي بالبروتوبلازم الحي لذلك فإن التغيرات التي تحدث به تكون عكسية حيث قد يقل سمكه، كما يمكن أن تزال منه بعض المواد الكيميائية وتستبدل بأخرى، فمثلا خلايا الكامبيوم يحدث بها

تغيرات موسمية في سمك الجدار وكذلك خلايا اندوسبرم بعض البذور يقل سمك جدارها نتيجة هضمها أثناء الإنبات.

ت) الجدار الثانوي Secondary Wall: -

يترسب هذا الجدار (كما يستدل من اسمه) بعد اكتمال وصول الجدار الابتدائي إلى حجمه الكامل.

ويتكون الجدار الثانوي أيضا من السليلوز والهميسيليوز وفي كثير من الحالات يحدث به تلجنن. ويتميز هذا الجدار بالتركيب المعقد. وتتكون الجدر الثانوية لعناصر الخشب الناقلة للماء من ثلاثة طبقات تختلف كيميائيا وفيزيائيا عن بعضها البعض وأحيانا تُمثل الطبقة الداخلية منها بطبقة حلزونية فقط. وغالبا تكون الوظيفة الأساسية للجدار الثانوي الدعم الميكانيكي. وكثيرا ما تكون الخلايا ذات الجدار الثانوية بدون سيتوبلازم حي ومع ذلك فهناك بارنشيمة الخشب الثانوي ذات الجدار الثانوية وبها بروتوبلازم حي.

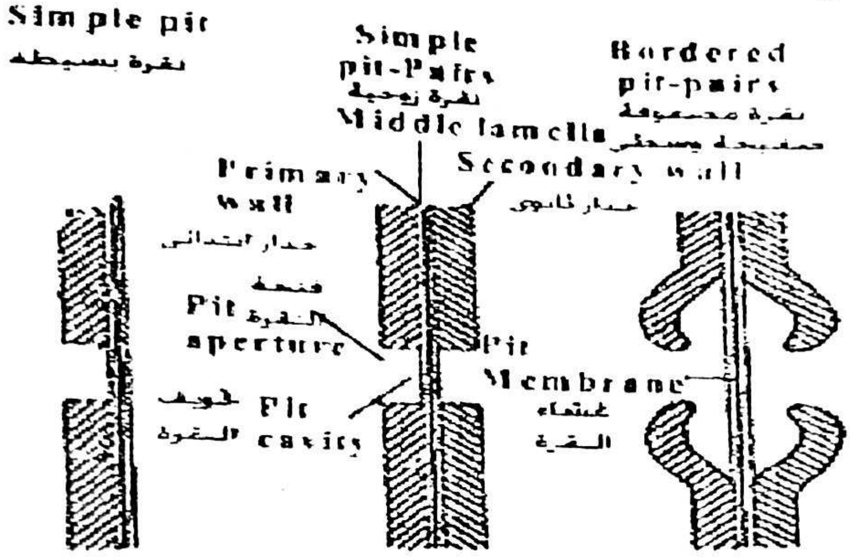
النقر Pits:

هي تلك المناطق من الجدار الابتدائي التي لا تغطى بمادة الجدار الثانوي. ففي الجدار الابتدائي توجد مناطق منخفضة تسمى حقول النقر الابتدائية primary pit fields وهي غالبا نفس المناطق التي تتحول إلى نقر، إلا أن النقر قد تتكون في مناطق أخرى، كما أن بعض حقول النقر قد تغطى أيضا بمادة الجدار الثانوي (أي لا تتكون بها نقر).

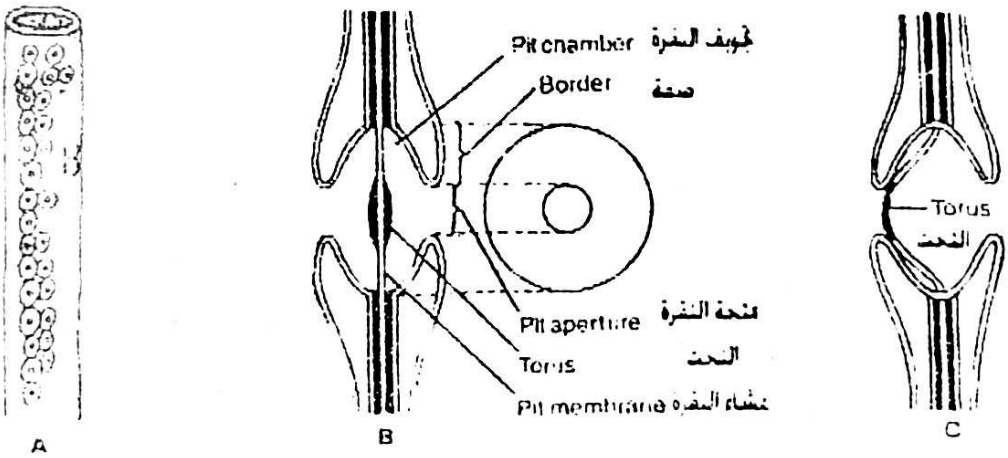
ويتركز وجود الخيوط البلازمية plasmodesmata في حقول النقر الابتدائية (ستناقش فيما بعد). وتتركب النقرة من تجويف النقرة pit cavity وهي المسافة التي لا تغطى بالجدار الثانوي وغشاء النقرة pit membrane وهو يمثل الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى.

وهناك طرازين أساسيين من النقر هما النقر البسيطة simple pits وهي التي سبق وصفها، والطراز الثاني وهو النقر المصفوفة bordered pits

وفيها يتقوس الجدار الثانوي فوق فتحة النقرة مكونا ما يسمى بالضفة Border.



رسم تخطيطي يوضح أنواع النقر



رسم تخطيطي يوضح تركيب وعمل النقرة الماصة

وغالبا ما توجد النقر في مقابل بعضها البعض في الخلايا المتجاورة وتسمى نقر زوجية pit- pair ويمتد بينهما غشاء النقرة ويتكون هنا من الجدارين الابتدائيين للخليتين المتجاورتين بالإضافة إلى الصفيحة الوسطى

بينهما، والنقر الزوجية إما أن تكون زوجية بسيطة simple pit – pair أو زوجية مضفوفة bordered pit- pair وقد يقابل النقرة المصفوفة نقرة بسيطة في الجهة الأخرى فينشأ ما يسمى بالنقرة الزوجية نصف المصفوفة half bordered pit- pair. وقد لا تقابل بنقرة أخرى في الجهة المقابلة (خاصة عندما تواجه النقرة مسافة بينية) فينشأ ما يسمى بالنقرة العمياء blind pit وقد تقابل نقرة واحدة عدة نقر في الجهة المقابلة فينشأ ما يسمى التنقير المركب الجانبي الواحد unilaterally compound pitting. وتوجد النقر البسيطة في الخلايا البارنشيمية وألياف خارج الخشب extraxylary fibers والاسكلريدات. وإذا كان الجدار الثانوي سميكا جدا تكونت نقرة أنبوبية canal pit وهي إما أن تكون مستقيمة أو تكون متفرعة ramified or branched (كلمة ramified تنشأ من الكلمة اللاتينية ramus بمعنى فرع). والنقر المضفوفة تكون أكثر تعقيدا وتباينا من النقر البسيطة. وتوجد النقر المضفوفة أساسا في العناصر الوعائية للخشب وبعض أنواع الألياف.

وتتركب النقرة المضفوفة من فتحة النقرة pit aperture وغرفة النقرة pit chamber وهي المسافة بين تقوس الجدار الثانوي والجدار الابتدائي وغشاء النقرة.

ويختلف شكل فتحة النقرة من مستدير circular أو عديسى lenticel أو بشكل خط linear. وقد يتشابه مع شكل غرفة النقرة أو قد يختلفان.

وتتميز النقر الزوجية في قصيبات النباتات المخروطية بتركيب خاص فتسمى النقرة الماصة aspirated pit حيث يزداد سمك غشاء النقرة في الوسط مكونا ما يسمى التخت torus الذى يكون قطره عادة أكبر من قطر الفتحة والمسافة بين التخت وباقي غشاء النقرة تسمى الحافة margo. وغشاء النقرة هذا يكون مرنا ويتكون من لويفات دقيقة تتصل من الحافة حتى التخت بدرجة غير محكمة، وبذلك تسمح للسوائل بالمرور. والحافة

margo تكون مرنة بحيث أنه إذا زاد الضغط فإن التخت يُدفع ويؤدى إلى قفل الفتحة ومنع مرور السوائل.

ويتركز وجود النقر الماصة في الخشب الصلب حيث تساعد هذه النقر الماصة إلى زيادة جفاف هذا الخشب وامتلاؤه بالغازات.

وفي النقر النصف مضفوفة (بين الأوعية والبارنشيمة حيث تكون النقرة مضفوفة من جهة الوعاء وبسيطة من ناحية البارنشيمة) توجد هذه النموات من الجهة المضفوفة فقط، وفي هذه الحالة تسمى نقرة ذات رداء vestured pit.

وتترتب النقر في الجدر بطرق مختلفة فقد تكون سلمية scalariform (من الكلمة اللاتينية scalaris بمعنى يحمل) أو متقابلة opposite أو في صفوف متبادلة alternate وهناك نوع آخر تكون فيه النقر صغيرة جدا ومتجمعة في عناقيد وتسمى التنقير الغربالي sieve pitting.

الخيوط البلازمية Plasmodesmata:

تنشأ هذه التسمية من الكلمة الإغريقية desmos بمعنى خيط أو رابطة. وهي تراكيب سيتوبلازمية تمتد خلال الجدر الابتدائية للخلايا المتجاورة، ويكون ذلك غالباً في حقول النقر الابتدائية وبذلك تساهم في ربط البروتوبلازم في الخلايا المتجاورة، وتوجد في جميع الخلايا الحية. أما في الجزء الخارجي من خلايا البشرة فإنها تسمى ectodesmata or teichodes. وقد توجد البلازمودزماتا مفردة أو في مجاميع تتجمع في حقول النقر الابتدائية في الجدار الابتدائي الذى يزداد سمكه قليلاً في أماكن عبور هذه الخيوط وقد يزداد عدد هذه البلازمودزماتا عن طريق الانشقاق خاصة في مرحلة النمو السطحى للجدار الابتدائي.

والبلازمودزماتا قنوات ضيقة تحاط بالغشاء البلازمي والسيتوبلازم فتكون قناة تسمى desmotubule وفي الداخل يوجد قضيب مركزي central rod يتكون من وحدات بروتينية ونظام خاص من الأغشية يحاط

بما يسمى الطوق colar وهو يعتبر امتداد الـ ER في الخليتين المتجاورتين وبالقرب من اتصال البلازمودزماتا بالسيتوبلازم في كلا جهتي الخليتين يضيق البلازمودزماتا وتكون منطقة العنق Neck region.

وتقوم البلازمودزماتا بوظيفة النقل لمسافة بسيطة short distance transport وقد لوحظ أن بعض الهرمونات النباتية (هرمونات التزهير خاصة) تنتقل من خلالها. كما تقوم هذه البلازمودزماتا بنقل الاحساس من خلية لأخرى، وكذلك الفيروسات في النباتات المصابة.

التركيب الكيميائي للجدار Chemical composition of the wall:

-

يعتبر السليلوز من أكثر المواد شيوعاً في الجدار الخلوية النباتية، وإشتق اسم السليلوز cellulose من كلمة الخلية cell نظراً لوجود السليلوز في جدر كل الخلايا.

وبالإضافة إلى السليلوز يوجد أيضا الهميسيليلوز والمواد البكتينية. وكذلك توجد مواد دهنية مثل الكيوتين والسوبرين والشموع خاصة في جدر خلايا البشرة. كما يوجد الماء إما في المسافات الشعرية بين حزم السليلوز أو يكون مرتبطاً بالمواد المحبة للماء.

السليلوز: - هو مادة كربوهيدراتية متبلورة محبة للماء. وتتركب من وحدات جلوكوز مستقيمة مرتبطة مع بعضها برابطة B-١، ٤ (بعكس النشا ١.٤ ∞) ويصل طول الجزئ في بعض الأحيان ٤ µm. وأهمية وجود رابطة B هنا (أنها بعكس ∞ الموجودة في النشا) هو صعوبة تحليل هذه الرابطة بواسطة الكائنات الدقيقة كما أنها صعبة التحلل كيميائياً.

الهميسيليلوز: - مادة كربوهيدراتية غير متجانسة وتتركب من xylan، mannan، galactan، gulcan. وترتبط المواد البكتينية بالهميسيليلوز، وهذه المواد البكتينية توجد في ٣ صور إما بروتوبكتين أو بكتين أو حمض

البكتيك وهي تجمعات لحمض اليورينك. والمواد البكتينية مواد غروية محبة جداً للماء وهذا يفسر سر زيادة الماء في جدر الخلايا الصغيرة كما أنها توجد في المسافات البينية للخلايا.

الصموغ والمواد المخاطية: - وهي من المواد الكربوهيدراتية في الجدار ولها بعض مواصفات المواد البكتينية، وتساهم في تشرب الجدار للماء. وتنشأ الصموغ كناتج للعمليات الفسيولوجية (وأحيانا المرضية)، أما المواد المخاطية فتوجد في جدر أنواع معينة من الخلايا خاصة في جدر خلايا النباتات المائية وقصرة البذور.

اللجنين: - وهو من المواد الهامة جداً في جدر الخلايا. ويتركب من اتحاد وحدات من phenylpropanoid، كما أن اللجنين في نباتات معراة البذور يختلف عنه في نباتات ذوات الفلقتين. وهو مادة صلبة تعطى الجدر صلابة كبيرة.

ويوجد اللجنين في كل طبقات الجدار (الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي والجدار الثانوي). وتسمى عملية تشرب الجدار به باسم اللجننة lignification وهي تبدأ أولاً في الصفيحة الوسطى والمسافات البينية ثم الجدار الابتدائي خاصة عند الأركان في مقابل المسافات البينية ثم إلى الجدار الثانوي.

وفي عناصر الخشب ذات التغليظ الحلقى والحلزونى لا يحدث تلجنن في الجدار الابتدائي ولكنه يمتد مباشرة للجدار الثانوي وبعد ذلك يتلجنن الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى.

الأملاح: - يوجد في الجدار الخلوي أملاح السليكا والكالسيوم والكربونات ومواد أخرى.

ويكثر وجود السليكا في الجدر الخلوية للحشائش ونباتات ذيل الحصان Equisctem.

المواد الدهنية: ويمثلها الكيوتين Cutin والسوبرين Suberin والشموع Waxes والشموع بعكس الكيوتين والسوبرين يسهل إذابتها بمذيبات الدهون. ويعتبر الكيوتين والسوبرين مواد polymers من الأحماض الدهنية. ويوجد السوبرين مع السليلوز في جدر خلايا الفلين، أما الكيوتين فيوجد كطبقة خاصة cuticle تغطى جدر خلايا البشرة حيث يحدث في هذه الخلايا تدرج بين طبقة كيوتين إلى كيوتين وسليلوز ثم إلى الداخل يوجد سليلوز فقط وتسمى ظاهرة تشرب الجدار بالكيوتين cutinization والسوبرين بإسم suberization، أما عملية تكوين الكيوتيكل نفسها تسمي الكوتنة cuticularization. وقد تظهر طبقات علي الكيوتيكل الخارجي. والمواد الدهنية عموما مسئولة عن منع فقد الماء ومنع غسيل سطح النبات بفعل المطر وتمنع اختراق النبات بواسطة الطفيليات وتمنع الأضرار الناتجة عن الحشرات. وقد توجد المواد الدهنية في أماكن أخرى غير سطح النبات فيوجد السوبرين في خلايا الإندودرمس والاكسودرمس في الجذور وكذلك في جدر خلايا الميزوفيل (في الورقة) الملامسة للمسافات الهوائية.

التركيب الدقيق للجدار Ultra structure of the wall :-

يتركب الجدار الخلوي كما سبق ذكره أساساً من السليلوز، بشكل سلاسل طويلة من وحدات الجلوكوز برابطة B،٤-١ ويصل طول جزئ الجلوكوز حوالي nm ٠.٨، وتترتب جزيئات السليلوز بشكل منتظم بحيث تكون سلسلة كل طبقة منها من ٣ جزيئات جلوكوز على مسافة متساوية، كما أن كل طبقة من الطبقات تبعد عن بعضها بنفس المسافة.

ونظراً لهذا الترتيب المنتظم للجلوكوز في جزيئات السليلوز فإنه يأخذ صفات البلورة.

وتسمى تجمعات السليلوز بهذا الشكل بإسم الميسيلات micelles or crystallities (على أنه توجد مسافات أخرى في جزيئات السليلوز لا

تأخذ هذا الشكل البللوري المنتظم تسمى amorphous regions). وتتجمع هذه الميسيلات معاً لتكون اللويفة الدقيقة microfibril يصل قطرها ١٠ nm. وبهذا توجد مسافات شعرية بين الميسلات تسمى intermicellar spaces (وهي التي تملأ بالمواد الأخرى التي يتشرب بها الجدار). وتتحد اللويفات معاً لتكون الليفة macrofibril يكون عرضها ٠.٠٤ μm. وتعتبر اللويفات هي الوحدة الأساسية للجدار.

وهناك تباين كبير في نظم اللويفات الدقيقة من نبات لآخر ومن نسيج لآخر ومن خلية لأخرى أو حتى في طبقات جدر الخلية الواحدة.

وفي جدر العناصر الوعائية للخشب والألياف حيث يكون الجدار الثانوي من ٣ طبقات ويترأوح اتجاه اللويفات في الطبقتين الخارجية والداخلية من الاتجاه العرضي أو الحلزوني البسيط، أما طبقة الجدار الوسطى فيكون اتجاه اللويفات بها طولى أو حلزوني شديد الانحدار، وفي ألياف القطن يكون اتجاه اللويفات بزأوية ٤٥° على المحور الطولي أما في ألياف الكتان فإن اتجاه اللويفات يكون حلزونى مع انعكاس اتجاه الحلزون في الطبقات المتتابعة.

وفي جدر العناصر الوعائية للخشب ذات التغلظ الثانوي الحلقي والحلزوني والسلمى فإن إتجاه اللويفات يكون بشكل حلقات أفقية، وعموما فإن اللويفات في الجدار الثانوي تكون موازية لبعضها البعض وموازية لسطح الخلية.

وفي فتحات النقر (سواء بسيطة أو مضفوفة) يكون أكبر قطر للفتحة موازيا لاتجاه اللويفات، وفي حالة الفتحات الدائرية يحدث تحور في اتجاه اللويفات.

أما اللويفات في حافة margo النقر المضفوفة للمخروطيات فتكون سائبة ومرتبة قطريا ويزيد سمكها بكبر عمر الخلية ويحدث ترسيب للتخت بترسيب اللويفات في الوسط بطريقة دائرية. وفي الجدار الابتدائي يكون

اتجاه اللويفات في مبدأ تكوينه عرضيا ولكنها بزيادة الجدار في المساحة فإنها تتقاطع معا وتكون مبعثرة، وبها يمكن تمييز الجدار الابتدائي عن الثانوي حيث تكون اللويفات مبعثرة ومتقاطعة بشكل شبكة في الجدار الابتدائي وتكون متوازية في الجدار الثانوي.

ويشاهد في جدر ألياف القطن عدة طبقات مركزية ويرجع ذلك إلى أثر تبادل الليل والنهار حيث لا تظهر هذه الطبقات عند تنمية القطن في ظروف إضاءة مستمرة.

تكوين المسافات البينية Formation of Intercellular spaces: -

مع أن خلايا الأنسجة المرستيمية تكون مرتبة بإحكام فإنه خلال تكشف هذه الخلايا تظهر بينها مسافات بينية intercellular spaces. وهناك طريقتان لنشأتها: الطريقة الانفصالية Schizogenus (مشتقة من الكلمة الإغريقية schizo بمعنى انفصال، gensis بمعنى بداية) ويحدث فيها انفصال جدر الخلايا عن بعضها البعض في مناطق معينة، فعند تكوين الجدار الابتدائي عقب الانقسام فإن الصفيحة الوسطى في جدار الخلية الأم تكون ملتصقة به ثم يظهر تجويف صغير بين الصفيحة الوسطى الجديدة والجدار الأم الذي يذوب في مقابل هذا التجويف. وإذا كان هناك مسافة مماثلة بين الخلية الأم والخلية المجاورة لها فإنه يلتحم مع التجويف الجديد المتكون فتتكون مسافة كبيرة وتذوب المادة البينية.

والطريقة الأخرى لنشأة المسافات البينية هي الطريقة الانقراضية lysigenous (من الكلمة اليونانية lysis بمعنى تفكك) وفيها تذوب أحد الخلايا كلية وتكون مسافة بينية، ومن الأمثلة على ذلك الفراغات الكبيرة في بعض النباتات المائية وأيضا تكوين بعض القنوات الإفرازية في القطن والموالح والكافور حيث تتكسر خلية أو أكثر وتترك محتوياتها داخل القناة المتكونة وتبقى أجزاء من هذه الخلايا المتكسرة على حواف القناة.

ثانياً: الأنسجة النباتية Plant Tissues

الأنسجة هي مجموعة من الخلايا المتشابهة أو غير المتشابهة التي تقوم بوظيفة واحدة أو عدة وظائف معاً، وتقسم الأنسجة إلى أنسجة بسيطة وهي التي تتركب من نوع واحد من الخلايا مثل النسيج البارنشيمي والكولنشيمي والاسكلرنشيمي، وكذلك توجد أنسجة مركبة وهي التي تتركب من أكثر من نوع واحد من الخلايا مثل نسيج الخشب الذي يتركب من خلايا بارنشيمية ووحدات ناقلة وألياف، و تقوم هذه الخلايا مجتمعة بوظيفة النقل والتدعيم والتخزين، وهناك تقسيمات أخرى كثيرة للأنسجة ولكن يفضل في هذا المجال أن تقسم الأنسجة حسب تركيب الخلايا ووظيفتها إلى:

النسيج المرستيمي	Meristematic tissue
نسيج البشرة	Epidermis
النسيج البارنشيمي	Parenchymatic tissue
النسيج الكولنشيمي	Collenchymatic tissue
النسيج الاسكلرنشيمي	Sclerenchymatic tissue
نسيج الخشب	Xylem tissue
نسيج اللحاء	Phloem tissue
الخلايا الناقلة	Transfer cells
الأنسجة الإفرازية	Secretory tissue
نسيج البريدرم	Periderm

(١) الأنسجة المرستيمية Meristematic tissues:-

أشكال الخلايا:-

بعد حدوث عملية التلقيح والاخصاب في النبات وتكوين الجنين يحدث انقسام للخلايا في كل أجزانه، وبتطور الجنين فإن انقسام الخلايا ينحصر تدريجيا في أجزاء معينة من الجنين. وعلى هذا فإن جزء من الأنسجة الجنينية يتبقى في النبات طوال حياته وتسمى هذه الأنسجة المتجددة التي تنقسم باستمرار باسم المرستيمات meristems (من الكلمة اليونانية meristos أي قابل للانقسام). وفي المرستيمات النشطة الانقسام يحافظ جزء من الخلايا المنقسمة على نشاطه المرستيمي وتسمى البداءات initials بينما الجزء الآخر يتطور في النهاية بعد عدة إنقسامات إلى أنسجة بالغة ويسمى المشتقات derivatives حيث يحدث تغيير تدريجي في صفاتها الكيماوية والفسيولوجية والمورفولوجية أي أنها تتكشف differentiate إلى عناصر متخصصة تختلف صفاتها عن صفات أصولها المرستيمية.وتسمى الخلايا بعد اتمام تكشفها باسم الخلايا البالغة mature حيث تصل لدرجة ثابتة من التخصص الوظيفي.وقد يحدث في ظروف خاصة فقدان لهذا التكشف de- differentiation وتعود الخلايا لطبيعتها المرستيمية (مثل ما يحدث عند حدوث جرح حيث تتحول الخلايا البارنشيمية إلى مرستيم خاص تنقسم خلاياه لغلق الجرح) أو قد يحدث إعادة أو زيادة تكشف re-differentiation مثل تكشف بعض الخلايا البارنشيمية (الحية التي بها بروتوبلاست) إلى خلايا ألياف ميتة (خالية من البروتوبلاست).

وتظهر الخلايا المرستيمية بعض الصفات الخاصة وإن كانت لا تختلف كثيراً عن الخلايا الأخرى الحية الناضجة حيث تحتوي المرستيمات على أغلب المحتويات الحية عموما، وتمتاز المرستيمات غالباً بنقص الفجوات وكثافة السيتوبلازم (إلا أن بعض خلايا الكامبيوم المغزلية تحتوي على فجوات كبيرة) أو وجود فجوات كثيرة ودقيقة.

وغالبا ما تحتوي المرستيمات على شبكة اندوبلازمية ناعمة ER، ولكن بزيادة النشاط تترسب عليها الريبوسومات وتحولها إلى شبكة اندوبلازمية خشنة RER، وتتجمع الريبوسومات أيضا في السيتوبلازم بشكل polyribosomes. كما توجد أيضا الميتوكوندريا ويشاهد انقسامها بوضوح في الخلايا المرستيمية.أما البلاستيدات فتوجد على هيئة بلاستيدات أولية proplastids. وتشاهد دكتوسومات جيدة التكشف والنشاط وتنشط حويصلاتها في تكوين الصفائح الخلوية بعد الانقسام وبالتالي تشاهد الأنابيب الدقيقة microtubules بوفرة للقيام بوظيفتها في توجيه هذه الحويصلات. ومن أهم صفات الخلايا المرستيمة هي الكبر الواضح للنواة بالنسبة لحجم الخلية، غير أن هذه النسبة تقل بزيادة تكشف المرستيمات. ويقل وجود المواد المخزنة في المرستيمات إلا أن بعض بداءات الأشعة في الكامبيوم تحتوي على حبيبات نشا. وتختلف درجة وجود الفجوات في المرستيمات فخلايا المرستيم القمي تكون ذو سيتوبلازم كثيف وإذا وجدت الفجوات فإنها تكون صغيرة جداً ومبعثرة في السيتوبلازم، كما قد تحتوي الخلايا المرستيمية في الكامبيوم على فجوات واضحة وكذلك قد توجد الفجوات في الخلايا القمية المرستيمية لبعض النباتات البدائية.

ويختلف شكل وحجم الخلايا المرستيمية، فخلايا المرستيم القمي للنبات تكون مكعبة متساوية الأضلاع isodiametric، أما بداءات الكامبيوم المغزلية فتكون (كما يظهر من اسمها) خلايا طويلة ضيقة مغزلية الشكل fusiform. وتحتوي الخلايا المرستيمية على جدر ابتدائية بها مواقع لحقول النقر الابتدائية إلا أن بعض المرتسيمات تكون ذات جدر ابتدائية سميكة. ومن الصفات الهامة في المرستيمات هي عدم وجود المسافات البينية (إلا أنها قد تتكون ولكن في مراحل متقدمة من تكشف الخلايا).

طرق انقسام المرستيمات:-

تتميز الخلايا المرستيمية أساساً بقدرتها على الانقسام. في الأعضاء الاسطوانية مثل الساق والجذر يستعمل المصطلحان الانقسام المماسي tangential والقطري radial بدلا من الموازي periclinal والعمودي anticlinal على الترتيب وذلك للسهولة. ويضاف أيضا الانقسام العرضي transverse إذا كان تكوين الجدار عمودياً على المحور الطولي للعضو.

وتقسم المرستيمات على حسب طريقة انقسامها وشكل الأعضاء الناتجة عن نشاطها إلى ثلاثة أشكال:

أ- المرستيم الكتلي mass meristem: -

وهو المرستيم الذي تنقسم خلاياه في جميع الاتجاهات وينشأ عن نشاطه الأعضاء الكروية أو المتساوية الأضلاع.

ب- المرستيم الصفي rib meristem: -

وهو يعطي صفوفاً طولية متوازية عن طريق الانقسام بجدر عمودية على المحور الطولي للعضو، مثل الإنقسامات المؤدية لتكوين القشرة والنخاع مثلاً.

ج- المرستيم الصفيحي (الطبقي) plate meristem: -

وينقسم عموديا على السطح وذلك يؤدي لزيادة مساحة الطبقات وليس عددها، ويحدث ذلك عند تكوين الأوراق.

التكشف Differentiation: -

التكشف هو التغير التدريجي في شكل ووظيفة الخلية حتى تصل للخلية الناضجة، وقد يكون التكشف في جزء من الخلية فقط مثل تكشف أجزاء من جدر العناصر الغربالية إلى مسطحات غربالية أو يكون التكشف في خلية كاملة مثل تحول خلية مرستيمية إلى خلية بارنشيمية أو يتكشف نسيج

كامل مثل تكشف نسيج الخشب بأنواع خلاياه المختلفة أو تكشف أعضاء مثل تكشف الأوراق مثلا. وتختلف درجة التغير في الخلية أثناء تكشفها فقد يكون التغير بسيطاً مثل التحول لخلايا بارنشيمية أو قد يكون كبيرا حتى قد يُفقد البروتوبلاست مثل تكشف العناصر الناقلة في الخشب. وفي الحالة الأولى يمكن أن يحدث فقد أو إعادة تكشف، أما في الحالة الثانية فلا يمكن أن يحدث فقد أو إعادة تكشف.

تقسيم المرستيمات Classification of meristems: -

يفضل تقسيم المرستيمات إلى مجاميع مختلفة لتسهيل دراستها، وهناك عدة أسس تقسم على أساسها المرستيمات: -

أ) على حسب نشأة المرستيم والأنسجة الناتجة عن انقسامه: -

١-مرستيمات ابتدائية أو أولية Promeristems or primary meristems: -

وهي تلك التي تحافظ على خصائصها المرستيمية منذ بداية التطور الجنيني وينتج عنها غالباً أنسجة ابتدائية.

٢- مرستيمات ثانوية Secondary meristems: -

وهي تنشأ من خلايا بالغة بعد فقد تكشفها de-differentiation وعودتها للحالة المرستيمية، وقد يحدث ذلك في بعض الخلايا المفردة فقط فتسمى meristemoids، وغالبا ما ينشأ عن نشاط المرستيمات الثانوية أنسجة ثانوية.

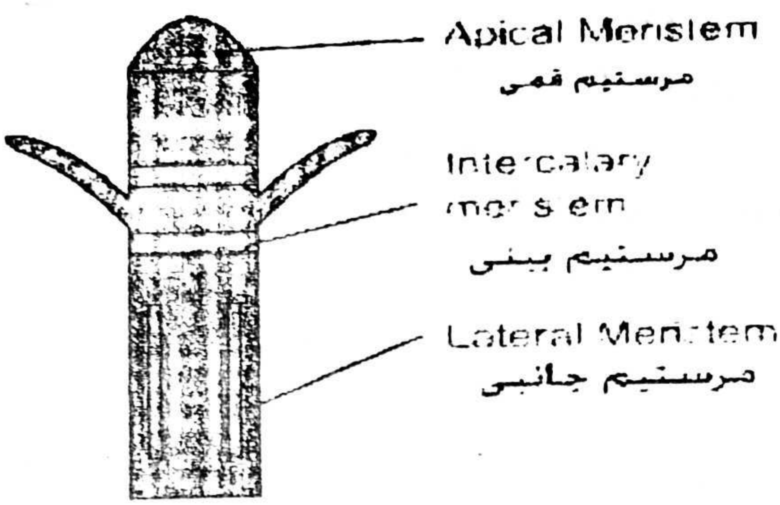
ب) على حسب موضع المرستيم: -

١-مرستيمات قمية Apical meristems.

٢-مرستيمات جانبية Lateral meristems.

٣-مرستيمات بينية Intercalary meristems.

ويعتبر تقسيم المرستيمات على حسب الموضع أسهل من ناحية الدراسة لتلافى المشاكل



رسم تخطيطي يوضح تقسيم المرسئيمات حسب الموضع

الناتجة عن طبيعة نشأة المرستيم والأنسجة المشتقة منه. فمثلا الكامبيوم الوعاني يعتبر

مرستيم ابتداني حيث أنه جزء متبقى من الكامبيوم الأولى، بينما يعطى هذا الكامبيوم الوعاني أنسجة وعائية ثانوية.

١-المرستيمات القمية Apical meristems: -

يشتمل هذا المصطلح على البداءات القمية في الساق أو الجذر، وهي خلايا مرستيمية ينتج عن انقسامها الأنسجة الابتدائية، وقد يستعمل مصطلحي قمة الساق shoot apex وقمة الجذر root apex كمرادفين لها، أو قد يستعمل مصطلح القمة النامية growing point.

أ) قمة الساق Shoot apex: -

وضعت عدة نظريات لتفسير التنظيم القمي في النباتات المختلفة. وحاليا يمكن تطبيق بعض هذه النظريات على مجاميع النباتات المختلفة حسب درجة تطورها السالف، وتشمل هذه النظريات: -

• نظرية الخلية القمية Apical cell theory: -

وتفترض هذه النظرية أن هناك خلية واحدة (أو أحيانا أكثر من خلية) تكون هي البداءة وتكون في قمة الندت وينشأ منها كل خلايا النبات الأخرى. والخلية القمية تكون هرمية الشكل pyramidal بحيث تكون قاعدة الهرم للخارج وله ثلاثة وجوه على الاتجاهات المماسية للخلايا الأخرى، أو قد تكون الخلية القمية عديسية الشكل lenticular وهنا تحدث الإنقسامات في الخلية القمية في اتجاهات موازية للسطوح الداخلية لها، وبالتالي فإن كل الخلايا أو المشتقات الناتجة تكون بشكل منتظم بعكس علاقة تطور النشأة ontogeny بينها وبين الخلية القمية حتى وإن كان بعض هذه المشتقات ينقسم بضعة إنقسامات قبل تكشفه تكشفا كاملا. والخلية القمية تكون كثيرة الفجوات، وقد لوحظ أنه يمكن تطبيق هذه النظرية على القمم النامية للنباتات الوعائية اللابذرية حيث يتضح بها بسهولة الصفات السابقة الذكر، أما في النباتات البذرية فيصعب تطبيق هذه النظرية حيث أن المشتقات القمية تعمل كمرستيمات أولية بالإضافة لغياب النظام المرتب جدا لها مما يدل على أن نشأتها من أكثر من خلية أو من أكثر من طبقة.

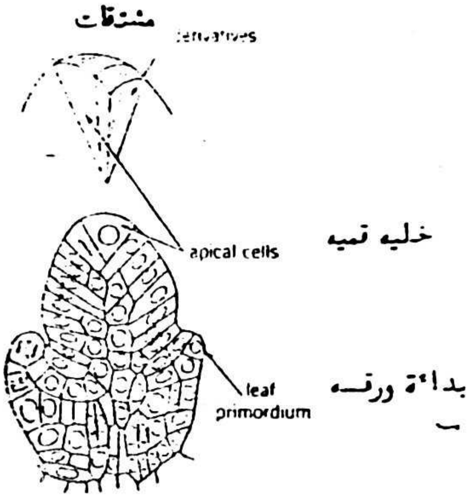
• نظرية التيونيكا – كوربس Tunica- Corpus Theory: -

وضح العالم Schmidt (١٩٢٤) هذه النظرية التي تنص على أن المرستيم القمي يشتمل على منطقتين: -

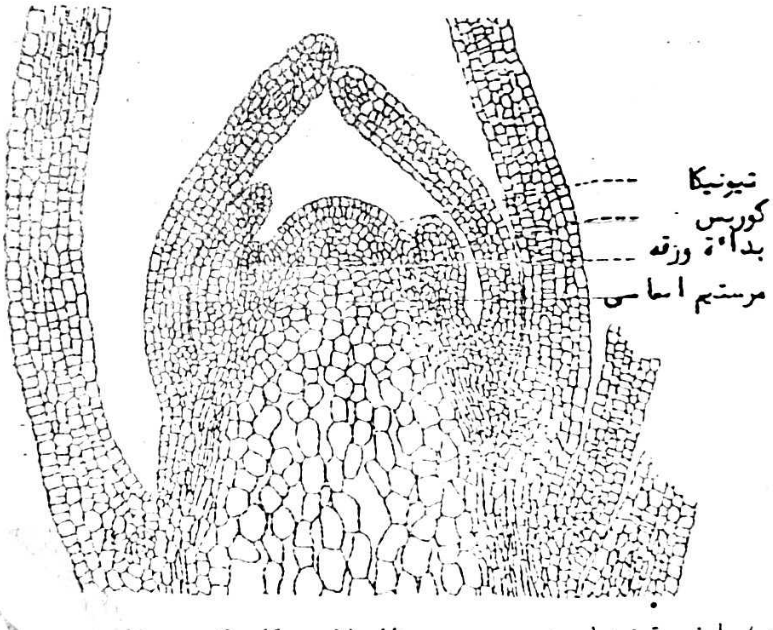
أ) **التيونيكا** Tunica: - وهي طبقة أو طبقتين من الخلايا التي تمتاز بالانقسام العمودي على السطح فقط لذلك تكوّن خلاياها مرتبة وتنمو سطحيا، وهي تغطي الطبقة الثانية وهي الكوربس.

ب) **الكوربس** Corpus: - وهي مجموعة من الخلايا أسفل طبقة التيونيكا، وتمتاز طبقة الكوربس بأن خلاياها تنقسم في جميع الاتجاهات لذلك فهي تنمو في جميع الاتجاهات.





ق/ط في قمة ساق نبات ذيل الحصان يبين الخليه القميه



ق/ط في قمة نبات زهري يبين نظام التيونيكا -كوربس



وتنشأ طبقة البشرة نتيجة الإنقسامات العمودية على السطح في التيونيكا، وإذا كانت التيونيكا صفا واحدا فإنه ينشأ منها البشرة فقط، أما إذا كانت التيونيكا صفين فإن الطبقات الخارجية من القشرة تنشأ من صفها الثاني، أما البشرة فتنشأ من صفها الأول. أما الكوربس فينشأ منها باقي أجزاء الساق وتشمل باقي القشرة (أو كلها) والاسطوانة الوعائية والنخاع. ويمكن تمييز طبقات التيونيكا في قمة هذه الساق من طبقتين حيث أن الطبقة الأولى من التيونيكا تعطى البشرة والثانية تعطى الطبقات الخارجية من القشرة التي تكون في صفوف قطرية منتظمة نظرا لنشأتها من صف واحد من الخلايا (وهي الصف الثاني من التيونيكا). أما إذا كانت الطبقات الخارجية من القشرة في صفوف قطرية متبادلة أو بدون نظام يدل ذلك على أنها تنشأ من عدة طبقات أي من الكوربس وبالتالي تكون التيونيكا صفا واحدا فقط غالبا. وقد أمكن تطبيق هذه النظرية بنجاح على قمم مغطاة البذور وما زالت تستعمل بنجاح في وصف قممها. وقد وجد أن قمم معظم ذوات الفلقتين تكون ذات تيونيكا من صفين، غير أنه في بعض الحالات القليلة يصل العدد إلى خمس طبقات (نتيجة تغير في اتجاهات الانقسام، كما سبق) أما قمم ذوات الفلقة الواحدة فغالبا تكون ذات تيونيكا من صف واحد فقط. ومن الجدير بالذكر أن معظم قمم معراة البذور لا يمكن تطبيق نظرية التيونيكا – كوربس عليها.

٢-المرستيمات الجانبية وتشمل: -

أ) الكامبيوم الوعائي Vascular Cambium: -

وهو مرستيم جانبي مسئول عن تكوين الأنسجة الوعائية الثانوية (الخشب واللحاء الثانويين) ويوجد كاسطوانة (أو أشرطة) بين الخشب واللحاء الابتدائيين، وينشأ هذا المرستيم كجزء متبقى من الكامبيوم الأول (البروكامبيوم). وتتميز خلايا الكامبيوم بالانقسام الموازي للسطح. يوجد شكلان أساسيان من أشكال خلايا الكامبيوم، البداءات المغزلية fusiform

initials وهي خلايا طويلة مغزلية الشكل مدببة لها حوالي ١٨ وجه وهي التي ينشأ عنها الخلايا التي يكون محورها الطولي موازي للمحور الطولي للعضو مثل القصيبات والالياف وبارنشيمة الخشب ووحدات الأنبوبة الغربالية وبارنشيمة اللحاء.

والشكل الثاني هو بداءات الأشعة ray initials وهي خلايا متماثلة الأقطار وتعطى بانقسامها نظم الأشعة سواء في الخشب أو اللحاء الثانويين. وبانقسام خلايا الكامبيوم انقساماً موازياً للسطح تعطى الخشب الثانوي للداخل واللحاء الثانوي للخارج ولكن هذه المشتقات لا تتحول إلى خشب ولحاء ثانوي مباشرة لذلك تتكون منطقة تسمى منطقة الكامبيوم cambial zone تكون خلاياها مرتبة في صفوف قطرية نظرا لأنها نشأت من منطقة واحدة وهي طبقة الكامبيوم الأصلية، وقد دلت الأبحاث أن الضغط النسبي الواقع على الخلايا هو السبب في تكشف الخلايا الخارجية إلى لحاء والداخلية إلى خشب.

تتميز خلايا الكامبيوم بالانقسام الموازي للسطح كما سبق ذكره ولكن نتيجة زيادة قطر الساق أو الجذر يحدث بها بعض الإنقسامات العمودية على السطح من آن لآخر حتى يزيد قطر حلقة الكامبيوم وتسمى هذه الإنقسامات multiplicative. بعكس الإنقسامات التي تؤدي لنشأة الخشب واللحاء وتسمى additive.

ب- الكامبيوم الفليني أو الفللوجين Cork cambium or phellogen: -

وهو مرستيم جانبي يعطى نسيج البريدرم. وهو بسيط التركيب يتكون من صف واحد من الخلايا المستطيلة في الاتجاه المماسي. وينقسم انقسامات موازية للسطح (أو مماسية) فيعطى خلايا فلين للخارج وخلايا قشرة ثانوية (فللودرم phelloderm) للداخل، وهي والفلين كذلك خلايا مرتبة في صفوف قطرية منتظمة نظرا لنشأتها من طبقة واحدة وهي الفللوجين.

٣- المرستيمات البينية Intercalary meristems: -

وهي مناطق مرستيمية (بعيدة عن المرستيم القمي) ولكنها توجد بين أنسجة بالغة، ومن أحسن الأمثلة عليها ما يوجد في قواعد سلاميات وأغماد النباتات النجيلية والتي تؤدي إلى زيادة طول هذه السلاميات حيث أن السلامية تنشأ من المرستيم القمي بطول محدد وتستكمل استطالتها فيما بعد عن طريق المرستيم البيني الموجود في قاعدتها. وقد لوحظ أثناء رقاد بعض النباتات النجيلية نشاط المرستيم البيني واستطالة الخلايا في قاعدة السلامية مما يؤدي إلى إنحناء الساق مرة أخرى لأعلى. ووجود المرستيم البيني بين مناطق بالغة لا يعيق سير الحزم لأن هناك مناطق خاصة تدعم هذا المرستيم.

(٢) نسيج البشرة Epidermis: -

شكل الخلايا: -

يطلق لفظ البشرة على الطبقة الخارجية من الخلايا التي تغطي جسم النبات الابتدائي، وقد أشتقت كلمة Epidermis من الإغريقية epi بمعنى على، derma بمعنى جلد. وفي الجذر، قد يطلق على خلايا البشرة اسم epiblem أو Rhizodermis حيث أنها تختلف عن خلايا بشرة المجموعة الخضرى (الساق و الأوراق) في النشأة والوظيفة والتركيب.

والوظائف الأساسية لطبقة البشرة في الأجزاء الهوائية هي تقليل النتح والحماية الميكانيكية والتبادل الغازى خلال الثغور، وتقوم البشرة في بعض النباتات بتخزين الماء ونواتج التمثيل الغذائي، وفي البعض الآخر قد تقوم خلايا البشرة بالتمثيل الضوئي والافراز والامتصاص ونقل الاحساس في النباتات التي تتحرك، ويقل النشاط المرستيمي في خلايا البشرة إلا أنها خلال تطور بعض النباتات قد يتكون منها طبقة الفللوجين.

تنشأ البشرة في الساق من الطبقة الخارجية من المرستيم القمي للساق (سواء كانت التيونيكا أو المشتقات الجانبية لطبقة ابداءات القمة) أما في

الجذر فإنها تنشأ من درماتوجين الجذر (سواء كان مستقل أو ينشأ بالإشتراك مع طبقات أخرى). وفي النباتات التي يحدث بها نمو ثانوي بسيط أو لا يحدث بالمرة تبقى طبقة البشرة طول حياة النباتات (إلا أن هناك استثناء بسيط في نباتات ذوات الفلقة الواحدة الخشبية حيث يتكون بها نوع خاص من البريدرم). اما في جذور وسوق ذوات الفلقتين ومعراة البذور التي يحدث بها نمو ثانوي (مما يؤدي لزيادة قطر العضو) فإن طبقة البشرة تنسلخ ويحل محلها نسيج البريدرم. وقد يحدث في بعض النباتات انقسام عمودي على السطح في خلايا البشرة لتواجه الزيادة في قطر العضو ولكن في النهاية تتمزق طبقة البشرة ويحل محلها البريدرم.

تركيب خلايا البشرة: -

يحتوي نسيج البشرة على أنواع متباينة من الخلايا نظرا لقيام هذا النسيج بالعديد من الوظائف. وأساس هذه الأنواع هو خلية البشرة العادية كما توجد الخلايا الحارسة والمساعدة للثغور، كما توجد العديد من الزوائد.

خلايا البشرة: -

تمتاز خلايا البشرة الناضجة بأنها بلاطية الشكل tabular shape أي أنها تمتد في الاتجاه الموازى لسطح النبات بدرجة أكبر من امتدادها في العمق. والسبب في ذلك هو طبيعة وظيفة هذه الخلايا في تغطية سطح النبات إلا أن هناك بعض الاختلافات، فخلايا بشرة البذور تمتد جدرها الداخلية لمسافة كبيرة ويرجع ذلك لزيادة الحماية، وفي المنظر السطحي تبدو خلايا البشرة متساوية الأضلاع isodiametric أو مستطيلة لحد ما.

وفي النبات الواحد يختلف شكل خلايا البشرة حسب موضعها، فخلايا بشرة الساق تميل للاستطالة كما أن خلايا البشرة بجوار الثغور والشعيرات تميل للاستطالة. ولا توجد مسافات بينية في خلايا البشرة (ولكن توجد فتحات الثغور). وتحتوي خلايا البشرة في بعض النباتات على خلايا تشبه الألياف fiber-like قد يصل طولها ٢ mm. كما تحتوي

بشرة بعض النباتات الصليبية على خلايا الميروسين myrosin cells وهي خلايا مفرزة بشكل أكياس sac-like. كما تحتوي خلايا البشرة في بعض النباتات على الحويصلات الحجرية. وقد تقوم بعض خلايا البشرة في بعض النباتات مثل السبانخ بعملية البناء الضوئي ويشيع ذلك أيضا في النباتات المائية ونباتات الظل. ويعتبر وجود طبقة الكيوتيكل من الصفات المميزة لخلايا البشرة. وتعمل هذه الطبقة أساسا على منع فقد الماء حيث أنها تتكون من مادة الكيوتين الغير منفذة للماء. وتُغطى كل الأجزاء الخضرية بطبقة من الكيوتيكل، وقد ثبت وجودها في بشرة الجذور حتى على الشعيرات الجذرية ولكنها تكون رقيقة جداً. وتؤثر الظروف البيئية تأثيرا كبيرا على سمك طبقة الكيوتيكل، ففي نباتات البيئة الجافة تكون طبقة الكيوتيكل سميكة جداً ويحدث العكس في النباتات المائية.

وقد تكون طبقة الكيوتيكل ناعمة أو خشنة أو تحتوي على أخاديد ridges أو شروخ crakes ، وقد تحتوي على بعض المواد الملونة كما في ثمرة الطماطم أو تحتوي على مواد تنظم انبات بعض البذور.

والجزء المكوتن من خلايا البشرة يكون معقد التركيب حيث يتركب من عدة طبقات lamellae مكوتنة ثم طبقات سليلوزية مكوتنة ثم طبقات بكتينية. وقد وجد أن طبقة الكيوتيكل تزداد بزيادة عمر النبات وأن مادة الكيوتين تمر للخارج عبر الـ teichodes.

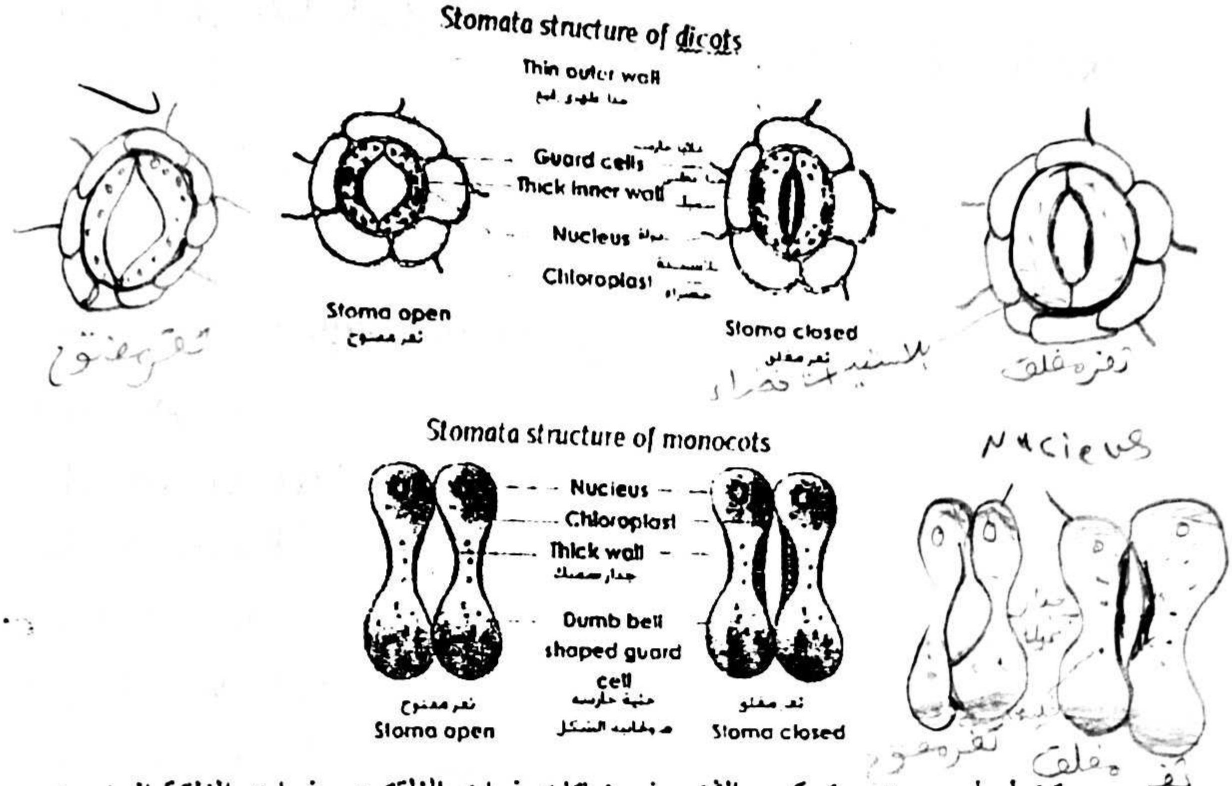
ومن الوظائف الهامة للكيوتيكل هي منع أضرار الكائنات الدقيقة الموجودة على سطح النبات حيث ان مادة الكيوتين صعبة التحلل جدا. وتحتوي الجدر الخارجية لخلايا البشرة على الشموع أيضا وهي ترسب بشكل بللورات أو حبيبات أو بشكل عصى قصيرة أو بشكل طبقة متجانسة، ويمر الشمع للخارج عبر طبقة الكيوتيكل، ووجود الشمع يمنع فقد الماء ولكنه أيضا يمنع تبلل الأوراق من الخارج بالماء وذلك له أثر كبير على العمليات الزراعية. وتحتوي جدر خلايا البشرة في بعض النباتات على

اللجنين الذى غالبا ما يتكون في الجدار الخارجي. وقد توجد أيضا السليكا والزيوت والكاوتشوك في الكافور.

وجدر خلايا البشرة في بعض النباتات قد تكون مخاطية mucilaginous مثل بعض نباتات العائلة لخبازية.

الثغور Stomata (sing. Stoma): -

الثغور هي فتحات موجودة في خلايا البشرة تحاط بخليتين حارستين Two guard cells. وكلمة stoma باللغة الإغريقية معناها فم. ويؤدى التغير في حجم الخليتين الحارستين الى التحكم فى عملية فتح وغلق الثغر وتؤدى فتحة الثغر الى الغرفة تحت ثغرية substomatal chamber التي تكون على امتداد المسافات البينية للميزوفيل. وفي كثير من النباتات توجد خلية أو أكثر بجانب الخلايا الحارسة تسم الخلايا المساعدة subsidiary cells وهذه الخلايا تختلف في الشكل عن باقي خلايا البشرة العادية. ويكثر وجود الثغور على الأجزاء الخضراء في النبات خاصة الأوراق. كما توجد الثغور في النباتات النصف مغمورة، إلا أنها عموماً لا توجد في الجذور.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الثغور في نباتات ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة

وتوجد الثغور على الأجزاء الزهرية مثل السبلات والبتلات وخيوط الأسدية والمتاع وفي الأوراق قد توجد الثغور على كلا سطحي الورقة فتسمى amphistomatic leaf أو توجد على السطح العلوي فقط epistomatic leaf أو على السطح السفلي فقط hypostomatic leaf. وفي الأوراق ذات التعريق المتوازي وكذلك الأوراق الأبرية للمخروطيات توجد الثغور في صفوف متوازية وتتلاحم غرفها التحت ثغرية. أما الأوراق شبكية التعريق فتكون الثغور فيها مبعثرة scattered. والخلايا الحارسة إما أن تكون في مستوى خلايا البشرة أو تعلوها أو تكون أسفلها، والشكل النموذجي للخلايا الحارسة (في المنظر السطح) يكون هلالي الشكل crescent أو كلوى kidney وغالبا ما يكون لها حافة ledge من مادة الجدار على السطح العلوي والسفلي، وتبدو هذه الحافات في القطاع العرضي بشكل القرن horne. وقد توجد الحافة على أحد السطحين العلوي أو السفلي، وإذا وجد الإثنان معاً فإن الحافة العليا

تحد التجويف الأعلى للثغر والسفلي تقفل التجويف السفلى للثغر وفي بعض النباتات قد تحدث كوتنه في هذه الحواف والظاهرة إلمميزة للثغور هي عدم انتظام تغلظ جدار الخلايا الحارسة وهذا يؤدي إلى فتح وقفل الثغر حيث يكون الجدار البطنى المواجه لفتحة الثغر أكثر سمكاً عن باقي الجدار، وفي أثناء النهار يؤدي البناء الضوئي (تحتوي الخلايا الحارسة على بلاستيدات خضراء) لزيادة تراكم السكريات فيزيد الضغط الاسموزى للخليتين الحارستين فيتجه الماء من الخلايا المجاورة لهما فتنتفخ الخليتين ويتقوس الجدار الظهري ويتحدب الجدار البطنى فيتباعد الجدارين المغلظين فينفتح الثغر. وأثناء الليل يتحول السكر إلى نشا فيقل الضغط الاسموزى للخليتين الحارستين فيتجه الماء منهما إلى الخلايا المجاورة فيرتخى الجدار الظهري ويتقارب الجدارين المغلظين فيقفل الثغر. وتقوم الخلايا المساعدة بدور هام في تنظيم مرور الماء من وإلى الخلايا الحارسة، وقد دلت التجارب أن هناك عوامل أخرى وراء انفتاح وانغلاق الثغر مثل تركيز ثاني أكسيد الكربون وبعض الهرمونات النباتية. وتمتاز نباتات العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae بشكل الثغور الصولجانية حيث تكون كل من الخلايا الحارسة بشكل كرتين بينهما جزء وسطى مستقيم.

والتغليظ في الجزء المستقيم يكون غير منتظم حيث يزداد تغليظ الجزء البطنى ويكون الجدار في الجزئين الكروبين غير كامل لدرجة امتزاج البروتوبلاست بينهما. وتؤدى زيادة الانتفاخ إلى تمدد الجزء الكروى وبالتالي يضغط على الجزء المستقيم فينبعج فيفتح الثغر. وفي النباتات المخروطية تكون الثغور عميقة وتكون الخلايا المساعدة في مستوى أعلى منهم وتكون الخلايا الحارسة بشكل اهليجى وذات فراغ مثلث الشكل. كما يحدث تلجنن في جدر الخلايا الحارسة والمساعدة.

أنواع الثغور: -

تقسم ثغور معراة البذور حسب نشأة الثغور إلى: -

 haplocheilic (simple lipped) وتكون ثغورها perigene (تنشأ الخليتان الحارستان عن طريق انقسام واحد في البداءة وتتحول الخلايا المجاورة إلى خلايا مساعدة).

 النوع الآخر syndetocheilic (compound lipped) وتكون ثغورها mesogene.

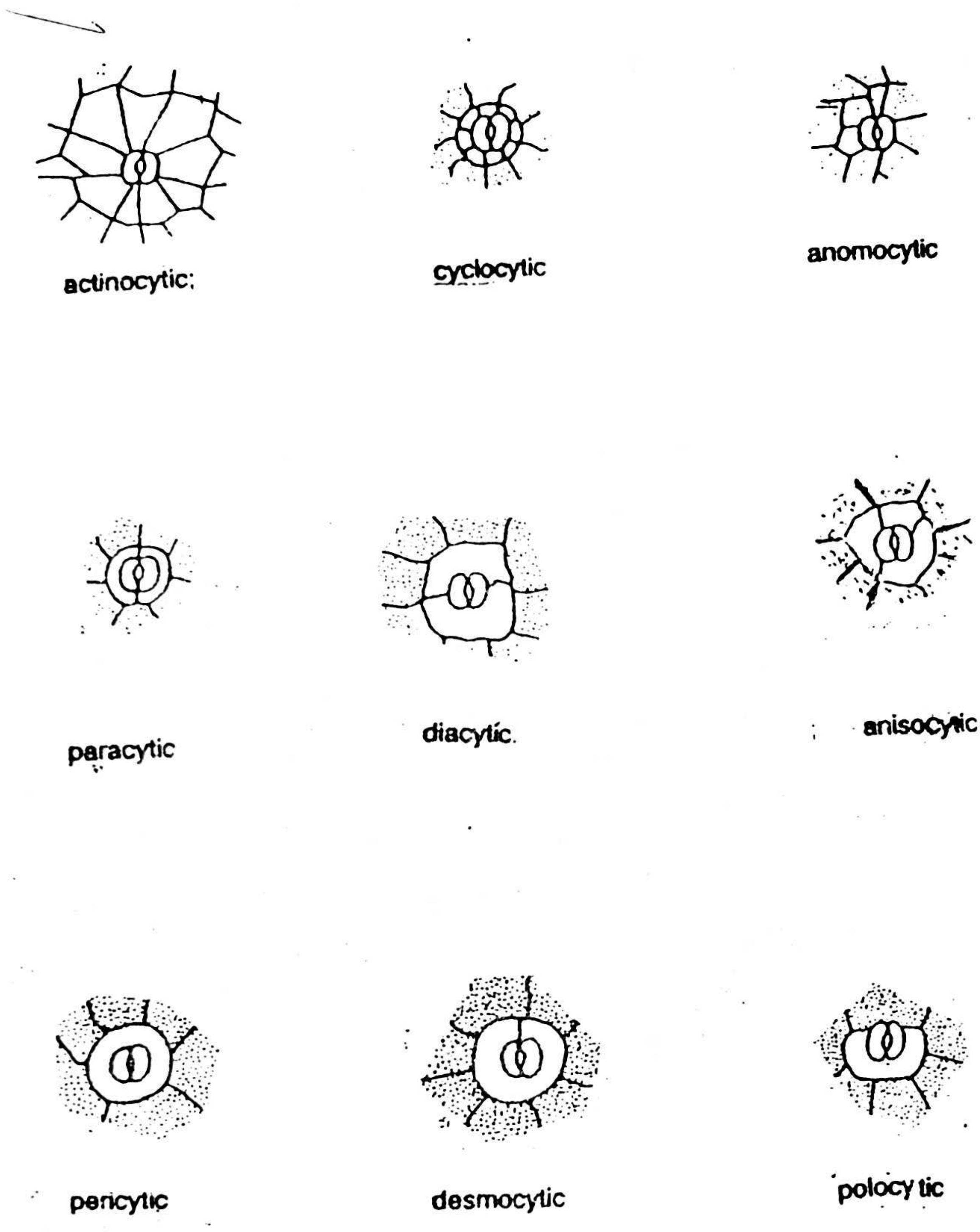
أما ثغور مغطاة البذور فتقسم حسب شكل ووضع الخلايا المساعدة إلى عدة أنظمة: -

١- الشاذ Anomocytic: -

لا يوجد به خلايا مساعدة (أي الخلايا المحيطة بالخلايا الحارسة لا تختلف عن خلايا البشرة) ويكثر وجودها في فصيلة Ranunculaceae.

٢- الدائري Cyclocytic: -

الخلايا المساعدة بشكل دائرة حول الخلايا الحارسة.



بعض طرز ترتيب الخلايا المساعدة بالثغور في النباتات الوعائية

٣-الشعاعى Actinocytic: -

الخلايا المساعدة بشكل شعاعى أي مرتبة في دائرة ومركزها هو الخلايا الحارسة.

٤-الغير متسأوى الخلايا Anisocytic: -

الخلايا المساعدة تكون ثلاثة خلايا واحدة منهم صغيرة، ويشيع في العائلة Brasicaceac.

٥-المتعامد Diacytic: -

وتوجد به خليتين مساعدتين محورهم الطولي عمودي على المحور الطولي للخلايا الحارسة، ويوجد هذا النوع في العائلة Caryophyllaceac.

٦-المتوازي Paracytic: -

يوجد إثنان من الخلايا المساعدة محورهم الطولي موازي للمحور الطولي للخلايا الحارسة ويوجد في عائلة Rubiaceae.

٧-ذو الخلية الواحدة بشكل حرف Polocytic c: -

توجد خلية مساعدة واحدة بشكل حرف c.

٨-ذو الخلية الكاملة المنقسمة Desmocytic: -

وتوجد خلية مساعدة واحدة تحيط بالخلايا الحارسة تماماً ولها جدار عرضي.

٩-ذو الخلية الكاملة غير المنقسمة Pericytic: -

مثل السابقة مع عدم وجود جدار عرضي.

الزوائد Trichomes: -

(الكلمة باليونانية معناها نمو الشعرة growth of hair)، وهي زوائد متباينة التركيب والوظيفة توجد على أسطح الأجزاء الهوائية. وهي تنتج

عادة من خلايا البشرة وتضم الشعيرات والحراشيف والحلمات.. إلخ. ولها أهمية تصنيفية كبيرة. وهي إما أن تكون مستديمة أو سريعة الزوال، وقد تكون وحيدة أو عديدة الخلايا، غدية أو غير غدية، وتقسم trichomes إلى: -

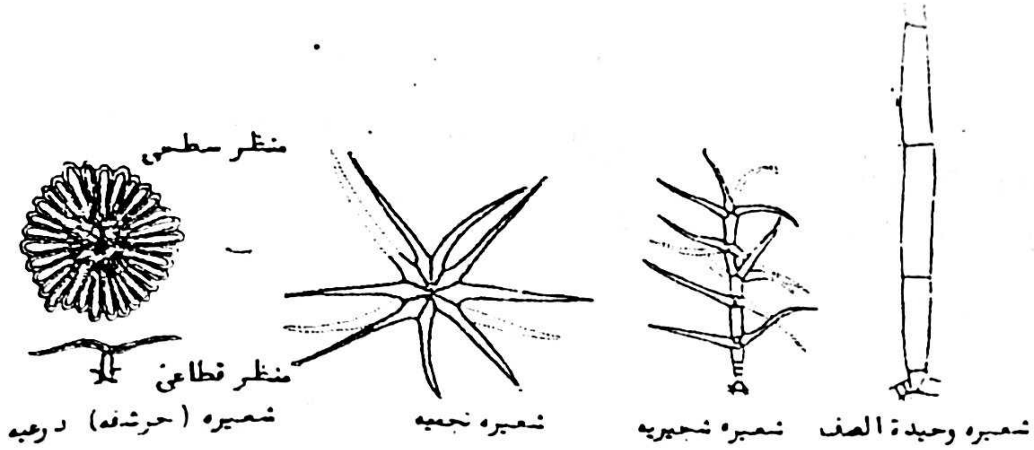
أ- شعيرات hairs: -

وهي تشتمل على شعيرات وحيدة الخلية وأخرى عديدة الخلايا. والشعيرات وحيدة الخلية إما متفرعة أو غير متفرعة، والشعيرات العديدة الخلايا قد تتكون من صف واحد من الخلايا أو عديد من الصفوف وبعضها يكون متفرع بشكل شجري dendroid or tree like. وقد تنشأ هذه الفروع في مستوى واحد فتسمى شعيرات نجمية stellate hairs. وعموماً تتكون الشعيرات العديدة الخلايا من قدم foot يكون مطمورا في البشرة وجسم body يعلو فوق سطح البشرة، وتكون عادة خلايا القدم مميزة عن باقي خلايا البشرة.

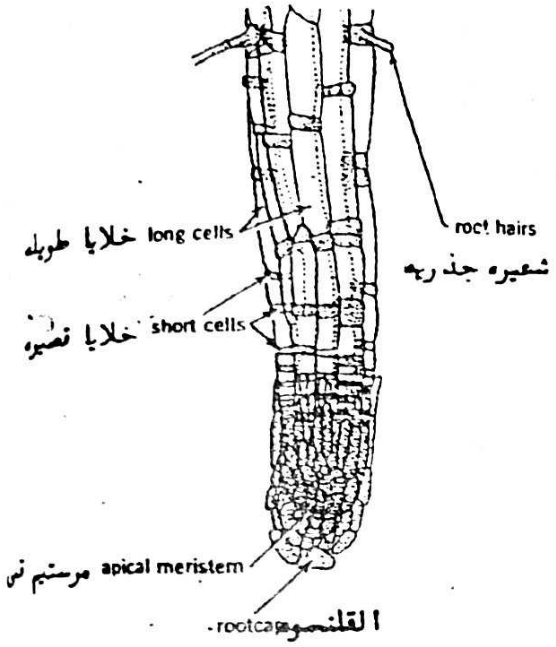
ب- الحراشيف Scales: -

وتسمى أيضا peltate hairs (من الكلمة اللاتينية بمعنى شكل الترس targed- shaped) وتتركب من صفيحة قرصية الشكل من عدة خلايا محمولة على عنق stalk أو تتصل مباشرة بالقدم.

والزوائد trichomes عموماً قد تكون غدية glandular وتتركب من عنق وحيد أو عديد الخلايا يتصل برأس عديد الخلايا وهو الجزء المفرز، وفي حالة الحراشيف المفرزة يكون الجزء القرصي هو المفرز. وقد تكون التراكيب الإفرازية بشكل قلب core عديد الخلايا يحاط من الخارج بخلايا ذات شكل عمادي palisade- like وهو الجزء المفرز منه. وشعيرة القطن عبارة عن Trichome ينشأ من بشرة البويضة خلال فترة التزهير وتكتمل استطالتها بعد الاخصاب.



بعض اشكال الشعيرات



رسم تخطيطي لخروج الشعيرات الجذريه

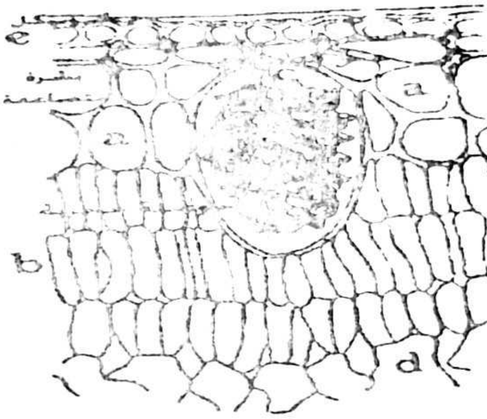
الشعيرات الجذرية Root hairs: -

وهي تراكيب اسطوانية الشكل تنشا من الاستطالة المباشرة لخلايا بشرة الجذر وتتباين في أقطارها وأطوالها ويتروواح قطرها من ٥-١٧µm وطولها من ٨٠-١٥٠٠ µm. وهي كثيرة الفجوات وبها نواة جانبية في السيتوبلازم، وهي نادرا ما تتفرع. والوظيفة الأساسية للشعيرات الجذرية هي زيادة السطح المعرض لامتصاص الماء. ويتركب جدار الشعيرة من السليلوز والبكتين. ويكون السليلوز بشكل لويفات تتوزع عشوائيا في طبقة البكتين وتكون اللويفات في الطبقة الداخلية من الجدار محورية الاتجاه.

البشرة المتضاعفة Multiple epidermis: -

وهي مجموعة من الطبقات التي توجد تحت البشرة وتكون مرتبطة بها مورفولوجيا وفسيولوجيا وقد تسمى hypodermis (من الكلمة اليونانية hypo بمعنى تحت

و dermis بمعنى بشرة) وحاليا تسمى multiple epidermis، والطبقة الخارجية منها تشبه خلايا البشرة أما الخلايا الداخلية منها فتكون مخزنة للماء. ويختلف سمك البشرة المتضاعفة من ٢-١٦ طبقة. وقد تتكون بالانقسام الموازي لسطح خلايا البشرة (لذلك تكون مرتبة في صفوف قطرية). ويعتبر الفيلامين velamen (من الكلمة اللاتينية velo بمعنى غلاف) أحد أنواع البشرة المتضاعفة الموجودة في الجذور الهوائية.



رسم تخطيطي يوضح البشرة المتضاعفة في نصل ورقة نبات مطاط الهند

(٣) النسيج البارنشيمى Parenchyma Tissue :

شكل الخلايا :

يتكون هذا النسيج من خلايا حية، عديدة الأضلاع وذات جدر رقيقة، وهى متباينة مورفولوجيا وفسيولوجى. والخلية الواحدة تسمى الخلية البارنشيمية Parenchyma وقد اشتقت من الكلمة الاغريقية para أى بجانب، -en chein بمعنى تدفق pour. وتعتبر البارنشيمة هى النسيج الأساسى فى

النوعه

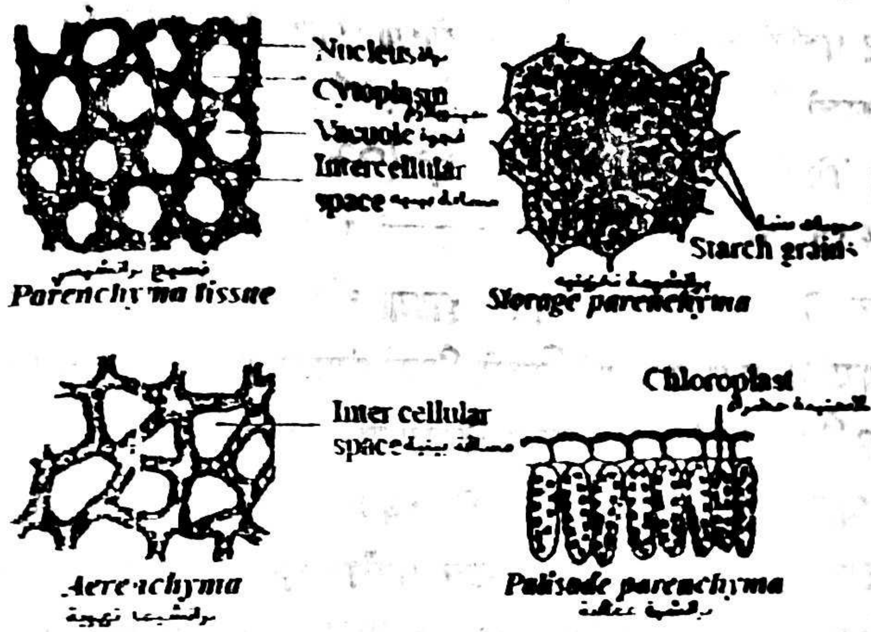
١- بارنشيمه عاديه : مثل البشرة

٢- بارنشيمه التمثيل الضوئي تحتوي على بلاستيدات و تقوم بعملية البناء الضوئي

٣- بارنشيمه داخلية

٤- بارنشيمه الخشب

النبات. وهناك آراء تعتبر أن النبات عبارة عن كتلة من الخلايا البارنشيمية المغطاة بطبقة البشرة وتتخللها الأنسجة الوعائية، حتى بعض



رسم تخطيطي يوضح بعض أنواع الخلايا البارنشيمية

النباتات الأولية لاتحتوى على هذه الأنسجة الوعائية. والنسيج البارنشيمى هو موضع لمختلف الأنشطة الحيوية مثل البناء الضوئى و لتمثيل الغذائى والتنفس والتخزين والافراز. وتعتمد هذه الأنشطة جميعها على البروتوبلاست الحى. كما تلعب الخلايا البارنشيمية دورا هاما في الأنسجة الوعائية مثل الخشب واللحاء حيث تكون عناصرها الناقلة (الوحدات الوعائية ووحدات الأنابيب الغربالية) بدون أنوية. وتساهم البارنشيمة (ذات الأنوية) بتنظيم عمل هذه العناصر.

وتعتبر الخلايا البارنشيمية من الناحية التطورية غير كاملة التكشف، أى غير متخصصة مورفولوجيا وفسيولوجيا بالنسبة للخلايا الأخرى. وبالتالى يمكنها ان تتحول بسهولة سواء الى الحالة المرستيمية مرة أخرى (أى de-differentation) أو تتطور أكثر من ذلك مرة أخرى (re-

(differentation). وتنشا البارنشيمة من المرستيم الأساسى، أما بارنشيمة الأنسجة الوعائية فتنشأ من البروكامبيوم والكامبيوم.

تركيب الخلايا :

يتباين محتويات الخلايا البارنشيمية تبعاً لوظيفتها، فقد يوجد بها عدد كبير من البلاستيدات الخضراء فتسمى كلورنشيمة chlorenchyma كما هو الحال في النسيج الميزوفيل، كما أن بارنشيمة القشرة أو حتى النخاع قد تحتوى على بعض البلاستيدات الخضراء ولكن نظام الأغشية الداخلية بها يكون غير جيد التكشف. وحتى اذا لم توجد بلاستيدات خضراء فقد توجد بلاستيدات عديمة اللون. وعادة تكون البارنشيمة ذات فجوة وتكون المواد المخزنة ذائبة في العصير الخلوى أو السيتوبلازم، وقد تخزن المواد في جدار الخلية.وفي بعض النباتات العصارية قد تتخصص البارنشيمة في تخزين الماء وتكون مستطيلة الشكل وتحتوى على كمية كبيرة من المواد المخاطية التي تزيد قابلية الخلية لامتصاص الماء. وقد تتجمع بعض النباتات الفينولية مثل التانين وتتحول الخلايا الى خلايا تانينية خاصة في المناطق الحافية للنخاع وحول الأنسجة الوعائية، وهذه الخلايا تتكون أيضا حول المناطق المصابة. وقد تكون المواد المخزنة في الجدار على هيئة سيليلوز فتصبح الجدر سميكة مثل خلايا اندوسبرم بذرة البلح.

وقد تترتب الخلايا البارنشيمية بأحكام أى بدون مسافات بينية أو قد توجد بها نظم للمسافات البينية بدرجات متفاوتة. فمثلا بارنشيمة أعضاء التخزين والثمار توجد بها مسافات بينية وفيرة، أما في الاندوسبرم فلا توجد غالبا مسافات بينية ولكن أثناء الانبات تتفكك الخلايا بعض الشئ وتتكون مسافات بينية. وتحتوى غالبا الكلورنشيمة على نظام جيد للمسافات البينية، وتنشأ المسافات البينية اما بطريقة انفصالية schizogenously أو إنقراضيةlysigenously، وقد تنقسم الخلايا باتجاه عمودى على اتجاه المسافات البينية فتتكون الفراغات الهوائية في

النباتات المائية. وتسمى هذه البارنشيمة التى تحتوى على الكثير من الفراغات الهوائية باسم بارنشيمة التهوية aerenchyma التى تقوم بتخزين الهواء وجعل الوزن النسبى للنبات خفيفا ليساعده على الطفو.

(٤) النسيج الكولنشيمى Collenchyma tissue:

شكل الخلايا : نسيج يتكون من نوع واحد من الخلايا

الكولنشيمة هى خلايا حية ذات جدر ذات جدر ابتدائية سميكة غير ملجننة. وقد اشتق الجزء الأول من الكلمة الاغريقية Colla بمعنى تدعيم أو غراء glue. ويدل تركيب وتوزيع هذه الخلايا في جسم النبات على أن وظيفتها الاساسية هى التدعيم. والنسيج الكولنشيمى نسيج بسيط يتركب من نوع واحد من الخلايا. وهناك تشابه كبير بين البارنشيمة والكولنشيمة نظرا لوجود البروتوبلاست الحى في كل منها. والفارق بينها (غير سمك الجدار) هو انه في نفس النبات وعند تجاور البارنشيمة بجانب بعضهما البعض فان الخلايا الكولنشيمية تكون أطول وأقل في القطر، وعادة لا يحدث هذه الفارق فجأة ولكن تدرج بينهما. وقد تحتوي الكولونشيمة علي بلاستيدات خضراء، كما أنها قد تستعيد قدرتها المرستيمية بعد ازالة سمك الجدار الابتدائي. وكذلك قد يكون هناك تانينية في الخلايا فتتحول إلي خلايا تانين. وتنشأ الكولنشيمة من المرستيم الأساسي غالباً.

موضوع الكولنشيمة في النبات :

تعتبر الكولنشيمة هي نسيج التدعيم المثالي (التدعيم المرن أي التدعيم مع امكانية المرونة) للأعضاء التي لم يحدث بها نمو ثانوي أو بها نمو ثانوي بسيط، وكذلك أعناق وعروق الأوراق. ولكنها لا توجد غالبا في ذوات الفلقة الواحدة حيث يحدث تطور مبكر للإسكلرانشيمة، ونادرا ما توجد الكولنشيمة في الجذور (بسبب غياب الحاجة للتدعيم المرن)، واذا وجدت فانها توجد في الجذور الهوائية. والصفة المميزة هي وجودها في حواف

الساق و الأوراق ما تحت البشرة مباشرة أو يفصلها عن البشرة بضعة طبقات من البارنشيمة.

تركيب الخلايا :

الخلايا الكولنشيمية عادة خلايا طويلة قد يصل طولها إلي ٢مم أو قصيرة منشورية الشكل فتشبه البارنشيمة. وكلا النوعين عموما يكون عديد الأضلاع polygonal ويرتبط التباين في طول الكولنشيمة بطريقة نشأتها، حيث تنشأ حزمة الكولنشيمة خلال سلسلة من الإنقسامات الطولية التي تنتشر من مركز بداية هذه الحزمة إلي الحواف، ويعقب هذه الإنقسامات استطالة الخلايا لذلك فان الخلايا المركزية هي التي تبدأ في الاستطالة مبكرا عن خلايا الحواف ولذلك تصل لطول أكبر. وقد تحدث بعض الإنقسامات العرضية (مما يؤدي لتكوين خلايا قصيرة نسبيا) وذلك بجدر مائلة. يعتبر الجدار الخلوي السميك هو الصفة المميزة للكولنشيمة، والسمك في الجدار الخلوي الابتدائي يكون غير منتظم.

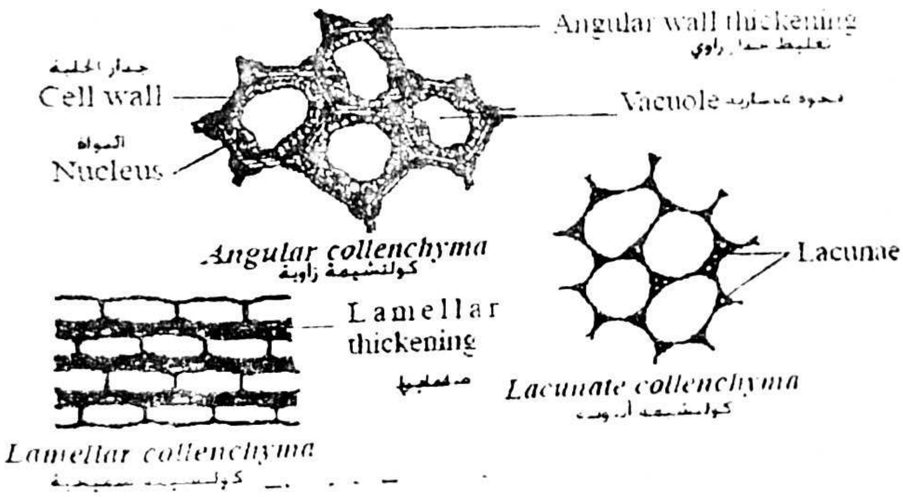
ويمكن تقسيم أنواع الكولنشيمة حسب التغليظ إلي :

١. كولنشيمة ركنية Angular collenchyma ويحدث فيها التغليظ أساسا في أركان الخلايا.
٢. كولنشيمة صفيحية Lamellar collenchyma ويحدث فيها التغليظ علي الجدر المماسية للخلايا.
٣. كولنشيمة غضروفية Cartilage collenchyma ويحث فيها التغليظ علي طول الجدار.
٤. كولنشيمة أنبوبية lacunar collenchyma ويحدث فيها التغليظ في مقابل المسافات البينية.

ويتكون الجدار الابتدائي للكولنشيمة أساساً من السليلوز والمواد البكتينية (التي توجد في مكان التغليظ) وتحتوي علي كمية أكبر من الماء، وهذا يسبب سمك الجدار في هذه المواضع لذلك لا يمكن دراسة أشكال

الكولنشيمة في القطاعات المستديمة حيث ان نزع الماء أثناء تحضير القطاعات المستديمة يؤدي إلي ازالة تغليظ الجدار لأن أساسه الماء (حوالي ٦٠ % من الوزن) وحدوث انكماش خاصة في الاتجاه القطري وتظهر الخلايا بشكل البارنشيمة.. لذلك يجب دراسة الخلايا الكولنشيمية في القطاعات الطازجة، وقد يحدث في الجدار تبادل بين طبقات من السليلوز وطبقات من المواد البكتينية مع وجود لويفات السليلوز في الاتجاه الطولي.

ومن الصفات المميزة للجدار في الخلية الكولنشيمية هو تكوين المواضع السميكة منه قبل اكتمال وصول الخلية لحجمها الكامل، حيث تتكون طبقات متعاقبة من الجدر وكل طبقة تكون أسمك في موضع التغليظ المستقبل. وقد يحدث تحور لشكل جدار الكولنشيمة خلال مسلك تطور النبات حيث يزداد اتساع الخلية نتيجة زيادة محيط الساق وبالتالي يقل سمك الجدار. وقد يحدث تحول هذه الكولنيشيمة إلي إسكلرانشيمة بعد ترسيب جدار ثانوي ملجنن سميك.



رسم تخطيطي يوضح بعض أنواع الخلايا الكولنشيمية

علاقة التركيب بالوظيفة :

الكولنشيمة (كما سبق) هي نسيج التدعيم المثالي (التدعيم المرن) للأعضاء النامية التى تحتاج لمثل هذه المرونه، حيث يمكن لجدار

الكولنشيمة ان يزيد فى المساحة والسمك مع زيادة حجم هذه الأعضاء النامية. وقد أجريت دراسات لقياس قوة تدعيم الكولنشيمة بالنسبة لوحدة المساحة بالمقارنة مع الألياف ووصلت في الكولنشيمة ١٠-١٢ كجم / مم^{٢}، أما في الألياف فتصل ١٥ – ٢٠ كجم / مم^{٢} ولكن الالياف تكون بدون مرونه ولا تستيعد شكلها الاصلي بعد زوال المؤثر بعكس الكولنشيمة التي تستعيد شكلها الاصلي وهذا يكون مهما في الاعضاء النامية، وفي اعناق الأوراق والسوق لمقاومة تيارات الهواء بمرونة، ولكن بكبر عمر هذه السوق وتخشبها يقل الاعتماد علي الكولنشيمة التي تتلجنن وتتحول إلي إسكلرانشيمة بالإضافة لاسكرنشيمة الساق.

(٥) النسيج الاسكلرنشيمي Sclerenchyma tissue

شكل الخلايا :

هي خلايا سميكة الجدار الذي غالبا ما يكون ثانويا ملجناً. ووظيفتها الأساسية الدعم والتقوية ونشأت الكلمة من الكلمة الاغريقية sclerous بمعني صلب وتكون الإسكلرانشيمة مع الكولنشيمة نسيج الدعم والتقوية في النبات (وقد يسميان معا stereome)، ولكن الفارق بينهما هو الجدار الابتدائي المرن للكولنشيمة، والثانوي الصلب (الملجنن غالباً) للاسكرنشيمة. وتتباين الإسكلرانشيمة في الشكل والنشأة. وتقسم الاسكرنشيمة إلي نوعين اساسيين من الخلايا هما الألياف fibers والاسكلريدات sclereids والفارق بينهما ان الالياف عموما أطول من اسكلريدات نفس النبات، كما ان النقر في جدر الالياف تكون غير واضحة بعكس الاسكلريدات التي يتضح وجود النقر في جدرها جداً، والفارق التطوري (وهو الاساس) بين الالياف والاسكلريدات ان الالياف غالبا تنشأ من خلايا مرستيمية حددت مبكرا لتعطى الالياف اما الاسكليريدات فتنشأ من خلال تحجر ثانوي secondary sclerosis للخلايا البارنشيمية واحيانا الكولنشيمة اي انها تنشأ خلال عملية re-differentation. ومع

هذه فهناك بعض الشواذ فقد تتحول بعض بارنشيمة اللحاء إلي الياف كما في الكتان أو قد تنشأ الاسكلريدات من خلايا مرستيمية جددت مبكرا لتكوين الاسكلريدات. ولا تحتوي الخلايا الاسكلرنشيمية الكاملة النضج غالبا علي بروتوبلاست حي مع وجود جدار ثانوي (وهذا يفصل بينها وبين الكولنشيمة بوضوح) وقد لوحظ ان بعض البارنشيمة يتكون بها جدار ثانوي ملجنن مما يصعب الفصل بينهما.

أولا : الالياف :

نظرا لاهمية وجود الالياف في نسيج الخشب فان الالياف تقسم إلي : ألياف الخشب xylary fibers وهي الالياف الموجودة في نسيج الخشب، والنوع الأخر هو ألياف خارج الخشب extraxylary fibers وتضم جميع الالياف في النبات الموجودة خارج نسيج الخشب وتنشأ الياف الخشب من نفس بداءات الخشب (بداءات الكامبيوم المغزلية) وتعتبر من الاجزاء الرئيسية في نسيج الخشب. أما آلياف خارج الخشب فاما أن تكون في اللحاء وهي في هذه الحالة تنشأ أيضا من نفس بداءات اللحاء (بداءا الكامبيوم المغزلية أيضا) أو انها تكون في القشرة أو النخاع وتنشأ في هذه الحالة من المرستيم الأساسي. أما الأغطية الليفية للحزم فتنشأ جزئياً من الكامبيوم وفي الجزء الآخر من المرستيم الأساسي. وفي بعض النباتات الضعيفة الساق مثل القرعيات توجد الألياف بعد طبقة الغلاف النشوي (آخر طبقات القشرة) وهي تنشأ من الكامبيوم. وقد تكون لبعض الألياف حواجز عرضية فتسمي أليافا مجزأة septate fibers وهذه الجواجز العرضية تساعد في مزيد من الدعم والتقوية أي أنها تزيد من كفاءة هذه الالياف التي تكون وظيفها الأساسية هي الدعم والتقوية.

أ) ألياف الخشب :

تتميز ألياف الخشب بأنها ذات جدر ملجننة. ويختلف شكل وحجم وسمك الجدار وكذلك درجة التنقير بها. وقد نشأت ألياف الخشب بالتطور السالف

من القصيبات إلي قصيبات ليفية ثم ألياف حيث تخصصت الالياف في وظيفة الدعم والتقوية لذلك زاد سمك الجدار ونقص طول الخلية بينما قل حجم النقر، وهذه الصفة هي القاطعة في التمييز بين القصيبات والقصيبات الليفية والالياف حيث تحتوي القصيبات علي نقر مضفوفة نموذجية ويقل حج الضعة أو ينعدم في القصيبات الليفية اما الالياف ففيها نقر بسيطة مختزلة (سيناقش موضوع التطور السالف للقصيبات بالتفصيل في الخشب). وقد يصبح جدار بعض الألياف جيلاتينيا gelatenous نتيجة وجود نوع معين من السليلوز وغياب اللجنين، وهذا النوع يكون خشن القوام ومتبلور جدا وتكون لويفاته الدقيقة في الاتجاه المحوري، والصفة المميزة له أنه هيجروسكوبي جدا لذلك ينكمش بشدة عند الجفاف.

ب) ألياف خارج الخشب

تتميز ألياف خارج الخشب بأنها ذات شكل مغزلي يتباين في الطول وتكون أطرافها حادة أو غير مائلة أو حتي متفرعة. وتتميز الالياف الابتدائية منها بانها أطول من الثانوية لحدوث بعض الإنقسامات العرضية في بداءات الالياف الثانوية. وقد يصل طول هذه الالياف ٠.٥ متركما في نبات الرامي. وتتميز جذر ألياف خارج الخشب بأنها سميكة ففي ألياف الكتان اللحائية يشغل الجدار حوالي معظم مساحة المقطع العرضي للخلية ويحتوي الجدار علي نقر بسيطة، غالبا مختزلة (الملاءمة الوظيفة الأساسية للخلايا وهي الدعم والتقوية). وقد تكون الجدر ملجننة أو غير ملجننة ففي الكتان مثلا يكون الجدار سليلوزيا تماما في مبدأ تكوينه ولكن بزيادة عمر النبات يبدأ التلجنن وهذا يصعب عملية تعطين الكتان لاستخراج الالياف كما يقلل من قيمتها الاقتصادية.

توزيع الألياف في جسم النبات :

توجد الألياف في مختلف أجزاء النبات، ففي القشرة توجد الألياف بشكل أشرطة أو بشكل اسطوانة كاملة، أما في اللحاء فتوجد علي هيئة أغلفة

وأغطية للحزم أما في الخشب فتوجد إما في تجمعات أو بصورة مبعثرة، وهناك أشكال عديدة لتوزيع الألياف في النباتات المختلفة ففي سوق نباتات العائلة النجيلية تكون الألياف بشكل اسطوانة مفرغة مع وجود امتدادات شريطية الشكل تصل إلى البشرة اما في ذوات الفلقتين فتوجد الألياف غالبا في الجزء الخارجي من اللحاء بشكل شرائط مماسية، كما قد تتكون الألياف تحت الاسطوانة الوعائية أو أبعد منها بقليل، ومن أكثر مناطق تواجد الألياف في ذوات الفلقتين هي الخشب الثانوي الذي يحتوي على كميات كبيرة من الألياف، وتوجد الألياف في الجذور بطريقة مشابهة للساق، وقد توجد الألياف في الثمار أيضا. وفي معراة البذور لا توجد ألياف في اللحاء الابتدائي وهذا من الصفات المميزة لها.

ثانيا الاسكلريدات Sclereids

ينتشر وجود الاسكلريدات في القشرة والنخاع وكذلك الأنسجة الوعائية لمعراة البذور وذوات الفلقتين. وكثيرا ما توجد بارنشيمة متحجرة (أي اسكلريدات) بين الغطاء الليفي وبين اللحاء، وقد تظهر الاسكلريدات بشكل حلقة كاملة تحيط بالأنسجة الوعائية، وقد توجد الاسكلريدات في أوراق النباتات وخاصة الاستوائية إما في كل نسيج الورقة أو في نهايات الأنسجة الوعائية. وتعتبر ثمار الكمثري مثالا جيدا على وجود الاسكلريدات. وكذلك توجد الاسكلريدات في البذور خاصة في القصرة. وتنشأ الاسكلريدات إما باعادة تكشف re-differentiation خلايا بارنشيمية عن طريق تكوين جدار ثانوي متحجر أو تنشأ من بداءات مرستيمية حددت مبكرا لتكون اسكلريدات. وعند وجود هذه الاسكلريدات في الأنسجة الوعائية فانها تنشأ من البروكامبيوم أو من الكامبيوم الحزمي. وتنشأ الخلايا الحجرية في البريدرم من الفيلوجين، أما الخلايا العمادية في قصرة البذور فتنشأ من البروتودرم. وتنشأ الاسكلريدات الموجودة في القشرة والنخاع من النسيج الأساسي. وفي الاسكلريدات النجمية والشعرية

تنشأ الخلية ثم تمتد أذرعها لتغزو المسافات البينية للخلايا المجاورة وقد يمتد ذلك إلي البشرة الخارجية.

وتتميز الاسكلريدات بوجود الجدار الثانوي الملجنن. وعادة يكون الجدار سميكا ويشكل فراغ الخلية جزء بسيط منه وتوجد به نقر قنوية canal pits وقد تكون متفرعة. ويشاهد الجدار الثانوي بشكل طبقات متعاقبة. وقد يحتوي هذا الجدار الثانوي علي بللورات. وقد يكون ترسيب الجدار الثانوي غير منتظم كما في الخلايا العمادية في قصرة بذور البقوليات حيث يزداد الترسيب علي الجدر القطرية ويزداد بالاتجاه للخارج. وقد تحتوي بعض الاسكلريدات علي بروتوبلاست حي عند النضج أو خلايا ميتة وهو الغالب حدوثه.

تقسيم الاسكلريدات :

تقسم الاسكلريدات حسب الشكل والحجم إلي :

١- الخلايا الحجرية Brachysclereids (stone cells) وهي خلايا مستديرة قصيرة تشبه البارنشيمة في الحجم، وتوجد في القشرة والنخاع والثمار، وهي سميكة الجدار جدا وبها نقر قنوية كما في ثمار الكمثري.

٢-الخلايا العمادية Macrosclereids وهي خلايا مستطيلة سميكة الجدار خاصة الخارجي، وينتشر وجودها في قصره البذور البقولية.

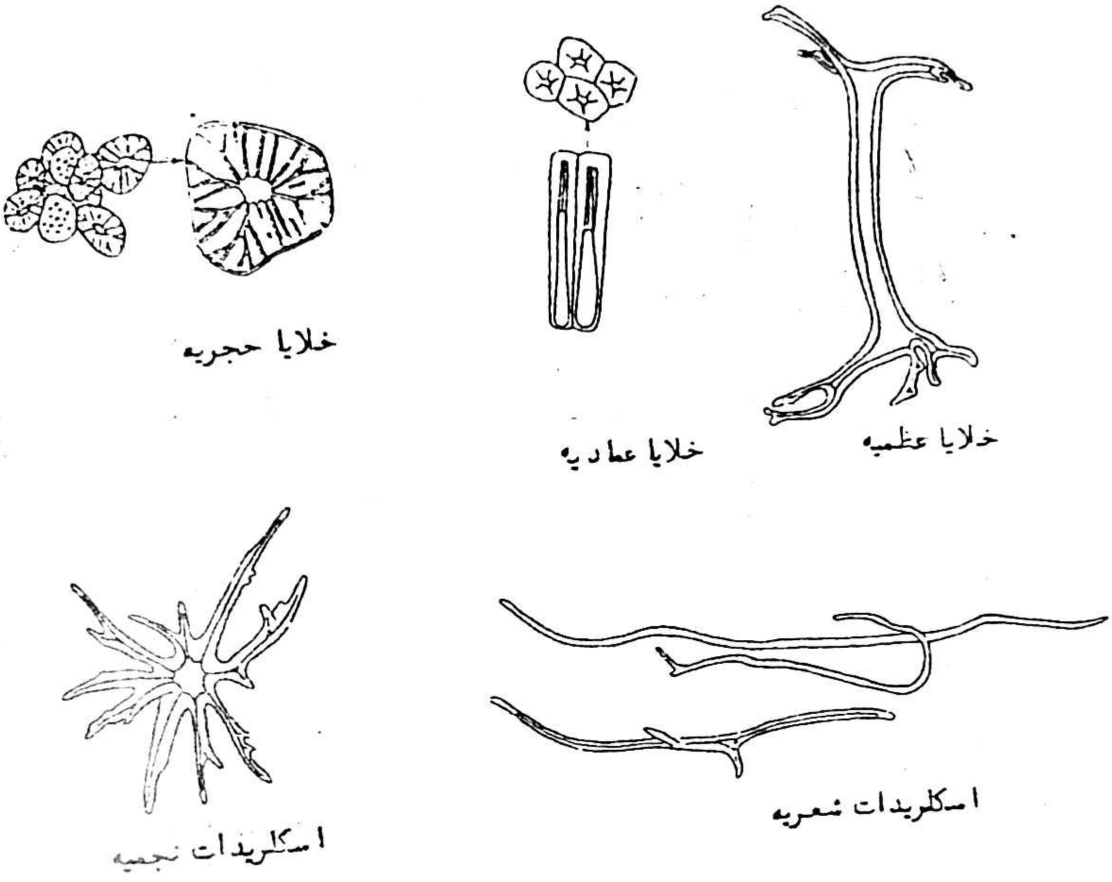
٣- الخلايا العظمية Osteosclereids وهي بشكل العظمة، وينتشر وجودها في أوراق وقصرة بذور ذوات الفلقتين، كما توجد في أوراق نبات Hakea.

٤-الخلايا النجميه Astrosclereids وهي خلايا نجمية الشكل متفرعة، توجد في أوراق كثيرة من ذوات الفلقتين، كما في أوراق الشكل.

الحويصلة الحجرية: هي نوع من انواع بلورات كربونات الكالسيوم

٥- الخلايا المغزلية Filiformsclereids وهي خلايا طويلة مدببة تشبه الألياف.

٦-الخلايا الشعرية Trichosclereids وهي خلايا متفرعة تمتد تفرعاته إلي المسافات البينية للخلايا المجاورة، وتكون عادة رفيعة الجدر، مثل الزيتون.



رسم تخطيطي يوضح بعض أنواع الأسكلريدات

(٧) نسيج الخشب Xylem Tissue :

نسيج الخشب هو نسيج مركب من عدة أنواع من الخلايا، ومن أهم وظائفه نقل الماء والأملاح الذائبة. ويكون بالاشتراك مع اللحاء الجهاز الوعائي للنبات vascular system. وقد أشتقت كلمة xylem من الكلمة الإغريقية xylos بمعني خشب.

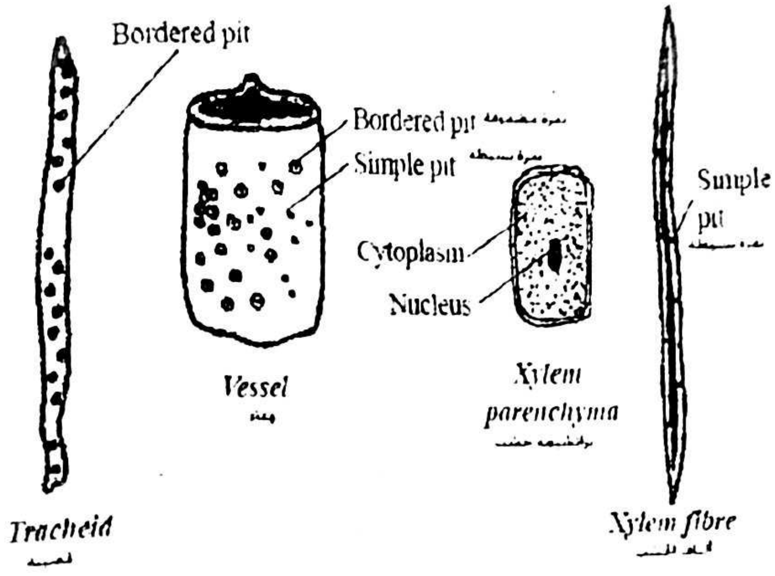
وتعتبر عناصر الخشب الوعائية tracheary elements من أكثر عناصر هذا النسيج تخصصا وهي التي تقوم بتوصيل الماء. كما يحتوي نسيج الخشب أيضا علي الألياف التي تقوم بوظيفة الدعم، كذلك يضم نسيج الخشب خلايا بارنشيمية حية تقوم بالوظائف المختلفة. وقد يحتوي نسيج الخشب في بعض النباتات علي قنوات لبنية واسكلريدات.

تتكون أول عناصر الخشب مبكرا خلال الطور الجنيني للنبات وتنشأ من البروكامبيوم. ويسمي الخشب الابتدائي primary xylem والذي يقسم إلي خشب أول protoxylem (Px) وخشب تالي metaxylem (Mx)). وبتقدم النبات ينشأ الكامبيوم الوعائي vascular cambium (عادة في ذوات الفلقتين ومعراة البذور والقليل من ذوات الفلقة الواحدة) الذي يعطي الخشب الثانوي secondary xylem.

مكونات نسيج الخشب :

أ) العناصر الوعائية Tracheary elements :

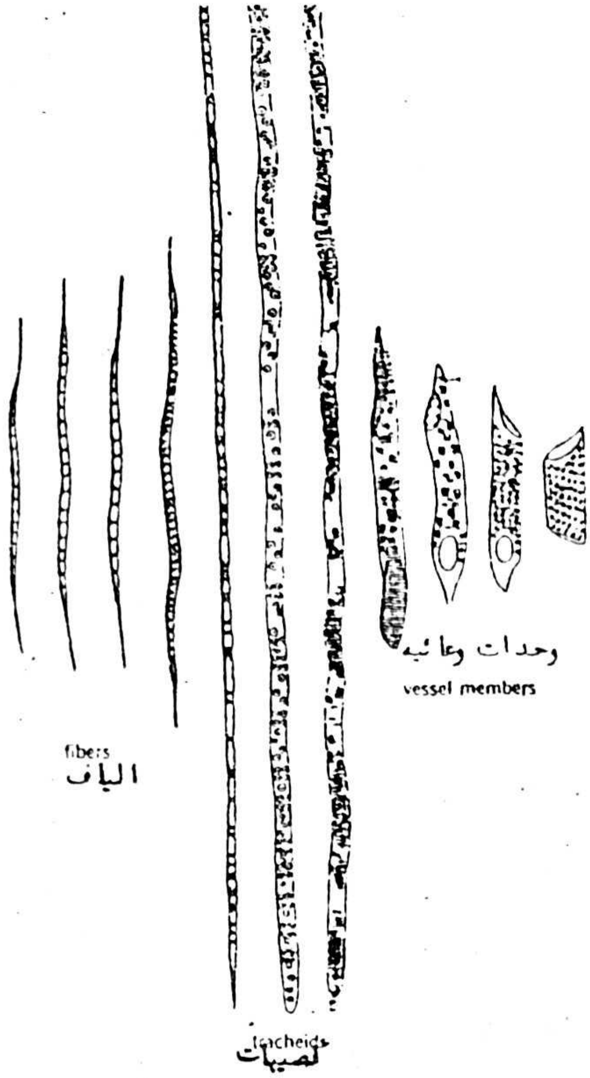
ومنشأ الاسم هي كلمة القصبة الهوائية Trachea للحشرات وذلك لتشابه الشكل بينهما وتضم العناصر الوعائية القصيبات Tracheids والوحدات الوعائية vessel members. وتعتبر القصيبات أكثر بدائية من الوحدات الوعائية وينتشر وجودها في معراة البذور وبعض ذوات الفلقتين، أما الوحدات الوعائية فلا توجد في معراة البذور.



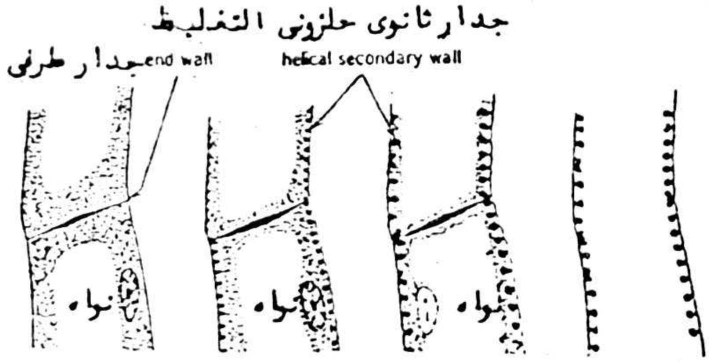
رسم تخطيطي يوضح مكونات نسيج الخشب

والقصيبات خلايا طويلة رفيعة الجدر نسبيا تنتشر بها النقر المضفوفة في كلا الجدارين الجانبي والعرضي. وتقوم القصيبات بوظيفة الدعم والتقوية أيضا بجانب وظيفة النقل. وخلال التطور السالف phylogeny للقصيبات خرج منها خطان للتطور أحدهما يعطي خلايا متخصصة في الدعم (وهي الألياف) والآخر يعطي خلايا متخصصة في النقل(وهي وحدات الوعائية).

وخلال خط التطور الأول الذي يؤدي لتكوين الألياف حدثت زيادة في سمك الجدار واختزال في حجم النقر وميل في الجدر الطرفية فاعطي قصيبات ليفية fiber tracheids وهي مرحلة وسطية، ثم بزيادة هذا التطور وزيادة سمك الجدار، زاد اختزال النقر لدرجة أنها أصبحت بشكل شق بسيط silt-like ، فاعطت ألياف مغزلية libriform fibers ويلاحظ أن كل التطورات هذه تزيد من كفاءة الدعم وقد صاحب هذا التطور قصر في طول الخلايا ولكن هذه الصفة غير واضحة لأن الألياف اكتسبت أيضا صفة النمو الجماعي والانحشاري فأصبحت الألياف أطول من قصيبات نفس النبات وهذا يزيد من كفاءة عملية الدعم، أما الأطراف المائلة فتساعد في احكام ارتباط ليفتين معا. أما خط التطور الثاني الذي



رسم تخطيطى يبين تركيب الوحدات الوعائيه، القصيبات، والالياف

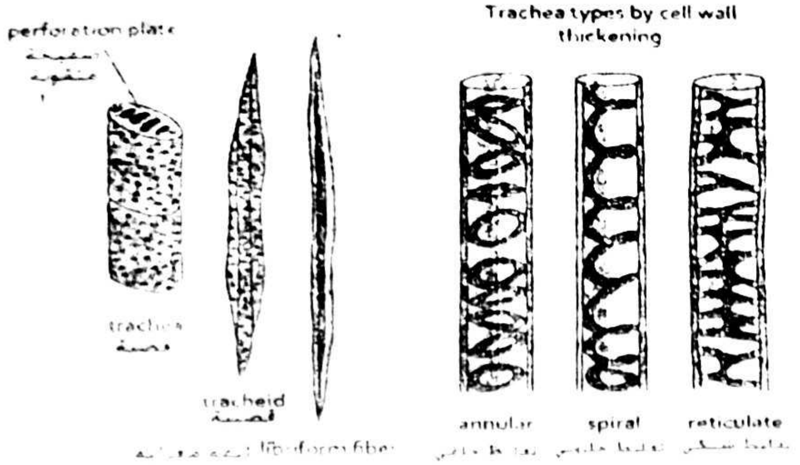


رسم تخطيطى يبن خطوات تكوين الوعاء

ويسمي هذا الجزء من الجدار باسم الصفيحة المثقوبة perforation plate ويعتمد التمييز بين القصيبات والقصيبات الوعانية ويبين الوحدات الوعانية علي وجود هذه الصفيحة المثقوبة التي توجد فقط بين الوحدات الوعانية. وقد صاحب هذا التطور قصر واضح في طول الخلايا واتساع كبير لها ونقص في سمك الجدار وهذه الصفات بالاضافة للثقب الذي يمر منه الماء تزيد كلها من كفاءة النقل. وبزيادة تطور هذه الوحدات يحدث تغير في الصفيحة المثقوبة من سلمي scalariform إلي شبكي reticulate ثم في النهاية يتكون ثقب واحد فقط كبير فتسمي صفيحة بسيطة التثقيب simple perforation وهي أرقي الحالات المعروفة. وتتصل هذه الوحدات الوعانية معا (بالثقوب) لتكون وعاء vessel أو قصبة Tracheae وتتصل هذه الأوعية ببعضها معا بالجدر الطرفية عن طريق النقر المضفوفة وهذا لا يعوق سير الماء (كما في القصيبات) لأن طول الوعاء الواحد قد يصل عدة أقدام وعادة يمتد الوعاء من أول الساق لأخره بالإضافة لارتباط هذه الأوعية ببعضها البعض عن طريق تفرعات جانبية.

تركيب الجدار الثانوي :

هناك تباين كبير في شكل الجدار الثانوي للعناصر الوعانية الذي يتم ترسيبه في أشكال معينة تبعا لتطور ontogeny النبات. فيبدأ ترسيب الجدار الثانوي أولا بشكل حلقات فيسمي حلقي annular ثم حلزوني spiral ثم شبكي reticulate ثم شبكي سلمي -scarariform reticulate ثم سلمي scarariform ثم منقر pitted وهو آخر المراحل حيث يغطي الجدار الابتدائي كله بمادة الجدار الثانوي الا في مواضع وجود النقر ومن هنا جاءت التسمية وتتميز عناصر px بالتغليظ الحلقي والحلزوني أما ال mx فتتميز بالحلزوني والشبكي والسلمي والمنقر لذلك يصعب التفرقة بينهما في هذه الصفة لاشتراك الحلزنة بينهما، أما عناصر الخشب الثانوي فيوجد بها جميع أشكال التغلظ.



رسم تخطيطي يوضح نظم تغليظ الخشب

ومن ناحية التطور السالف phylogeny يعتبر الحلقي والحلزوني أكثر الأشكال بدائية. وقد لا توجد كل أشكال التغليظ في نبات واحد أو في موضع واحد ويرجع ذلك لدرجة تطور ontogeny النبات. كما يلاحظ أن هناك درجات في النظام الحلقي من حيث اقتراب الحلقات من بعضها وأيضا هناك درجات من الحلزنة حسب ضيق هذا الحلزون.

ب) ألياف الخشب xylem fibers :

يشتمل نسيج الخشب علي نوعين من ألياف الخشب (حسب تطوره السالف phylogeny) وهي القصيبات الليفية fiber tracheids والألياف المغزلية libriform fibres والفروق بينهما تكون في شكل النقر حيث تنشأ الألياف المغزلية من القصيبات عن طريق مرحلة وسطية وهي القصيبات الليفية وذلك باختزال حجم النقر وبالتالي تكون النقر في الألياف المغزلية أكثر اختزالاً من القصيبات الليفية. وقد تم وصف كلا النوعين في الجزء الخاص بالألياف.

ج) بارنشيمة الخشب xylem parenchyma :

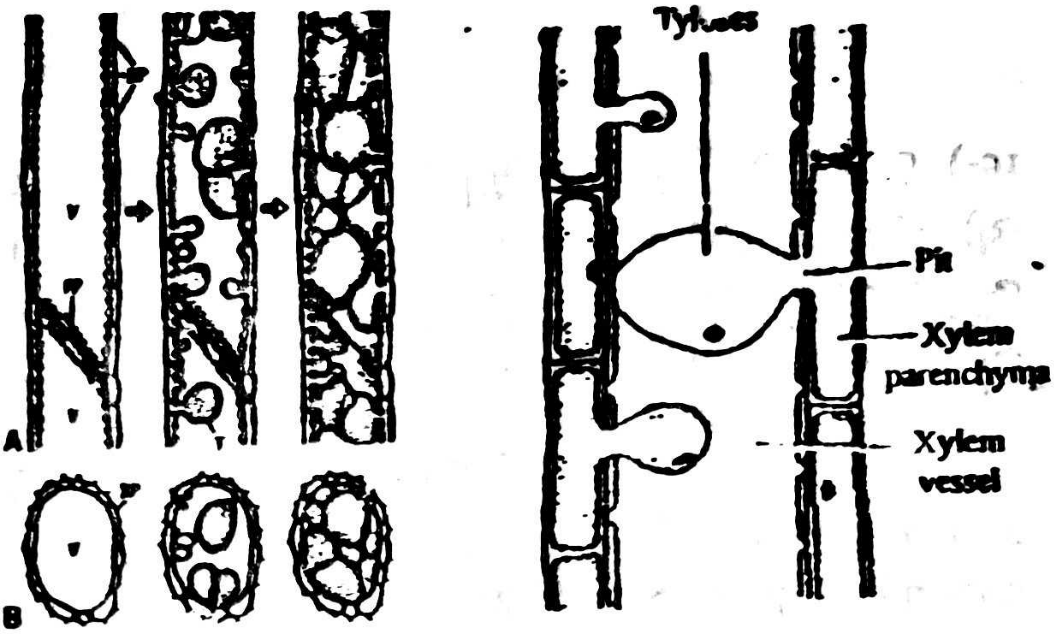
توجد الخلايا البارنشيمية الحية في الخشب الابتدائي والثانوي، وفي الخشب الثانوي توجد هذه البارنشيمة في نوعين : بارنشيمة النظام الرأسي

axil parenchyma وهي تنشأ (مثل الخلايا الناقلة والألياف) من بداءات الكامبيوم المغزلية لذلك فهي خلايا طويلة مغزلية الشكل نوعا ما أوقد يحدث انقسام عرضي في بداءات الكامبيوم المغزلية فتصبح هذه البارنشيمة أقصر من الوحدات الوعائية. أما النوع الثاني فهو النظام الأفقي أو بارنشيمة الأشعة ray parenchyma وهي تنشأ من بداءات الأشعة وتختلف في الشكل فمنها خلايا راقدة procumbent cells يكون محورها الطولي في الاتجاه القطري، ومنها خلايا قائمة upright cells ويكون محورها الطولي موازي للمحور الطولي للعضو. وكذلك هناك خلايا أشعة مربعة square ray cells وهي خلايا مربعة الشكل أي أنها خلايا وسط بين الخلايا القائمة والراقدة.

التيلوزات: Tyloses (sing. Tyloses /tylosis)

وهي بروزات من غشاء النقرة النصف مضفوفة بين الأوعية والبارنشيمة إلي داخل الأوعية عند وقف نشاط الوعاء أو حدوث ضرر به، وهي تملأ فراغ الوعاء ويندفع اليها سيتوبلازم ونواة البارنشيمة المجاورة وقد يحدث لها تضاعف أي تتكون اكثر من واحدة داخل الوعاء الواحد وقد يبقى جدارها سليلوزيا ولكنه غالبا يتلجنن، وقد تتحول التيلوزات إلي اسكلريدات.

تعتبر النقرة الخلايا البرنشيمية



رسم تخطيطي يوضح تركيب التيلوزة

الخشب الابتدائي primary xylem :

وهو الخشب الذي يتكون من البروكامبيوم وينقسم إلي خشب أول protoxylem (كلمة proto من الاغريقية بمعني أول) وخشب تالي metaxylem (Mx) (كلمة meta من الإغريقية بمعني تالي). والفارق بينهما هو توقيت ظهور كل منهما، فمثلا الخشب الأول ينشأ مبكرا وتكون عناصره ضيقة وتكتمل نشأته قبل تمام استطالة العضو لذلك قد تتكسر عناصره الناقلة فيما بعد، بعد اكتمال استطالة العضو، ويسمي ذلك الإندثار oblitration. أما الخشب التالي فينضج بعد تمام النمو الابتدائي للعضو لذلك لا تتكسر عناصره الناقلة غالبا، وقد يستمر طول حياة النبات خاصة في النباتات التي لا يحدث بها نمو ثانوي. ويتميز ال Px بأن تغليظ جداره (بالجدار الثانوي) يكون اما حلقيات أو حلزونيا. أما ال Mx فيكون ذا تغليظ حلزوني وشبكي وسلمي ومنقر وبالتالي يصعب وضع حد قاطع بينهما علي أساس التغليظ لا شتراك الحلزنة بينهما، كما أن الأوعية في Mx تكون أوسع من أوعيه Px لأن هذا الفارق في القطر

يكون تدريجيا فيمكن معه الخلط بينهما، والصفة المؤكدة هي موضع كل منهما حيث يوجد Px دائما إلي الخارج في الجذر والي الداخل في الساق. وعموما فإن العناصر الناقة Px تكون أطول منها في Mx في النبات الواحد. وتتركب عناصر ال Px من عناصر وعانية قليلة وكمية كبيرة من البارنشيمة التي تظل سليمة بعد إندثار oblitration العناصر الوعانية وقد يحدث بها تلجنن، اما Mx فتوجد به كمية أكبر من العناصر الناقلة التي تكون أوسع من تلك في Px وكذلك توجد به ألياف (بعكس Px) كما تزداد فيه نسبة الخلايا الملجننة.

الخشب الثانوي (Secondary xylem (Sx :

ينشأ الخشب الثانوي من الكامبيوم الوعائي أثناء النمو الثانوي للنبات، ونظرا لأن الكامبيوم الحزمي يحتوي علي بداءات مغزلية وبداءات أشعة (بعكس البروكامبيوم) فإن الخشب الثانوي يظهر تعقيدا أكثر في التركيب حيث يحتوي علي نظام رأس من العناصر الناقلة والبارنشيمة، ونظام اشعة أفقي. وغالبا تكون عناصر الخشب الثانوي ذات تغليظ منقر وهذا يخلط بينه وبين ال Mx والصفة الأساسية للتفريق بينهما هو ترتيب العناصر. فعناصر الخشب الابتدائي (Px و Mx) تكون مرتبة عشوائيا (لأنها نشأت من البروكامبيوم وهو مرستيم عديد الطبقات بينما عناصر الخشب الثانوى تكون مرتبة فى نظام قطرى منتظم لأنها نشأت من الكامبيوم الحزمى الذى هو أصلا طبقة واحدة يحدث بها انقسام موازي للسطح. وكذلك تكون عناصر الخشب الابتدائية أطول من الثانوية ولكن هناك تدرج في هذه الصفة.

حلقات النمو growth rings :

نظرا لأن نشاط الكامبيوم يكون موسميا (خاصة في نباتات المنطقة الباردة) مما يؤدي لتكوين طبقات النمو، ويرجع ذلك لأنه في أول نشاط الكامبيوم في الربيع تتكون أوعية متسعة وجدرها أقل سمكا نسبياً ويسمي

الخشب الصيفي spring wood، ثم يتوقف الكامبيوم في الشتاء ويعود في الربيع القادم فيكون خشب ربيعي وهكذا. والتغير من الخشب الربيعي للصيفي يكون تدريجيا، تمييز حلقات النمو علي الفصل بين الخشب الصيفي والخشب الربيعي في العام التالي. وهذه الحلقات يمكن بها حساب عمر الشجرة حيث أن كل حلقة تمثل عاما. ويمكن خلالها أيضا معرفة الظروف البيئية السائدة وقت تكوين هذه الحلقات (حيث أنها تؤثر في اتساع الحلقات بقياس الاتساع النسبي لهذه الحلقات).

الخشب العصاري (الرخو) sapwood والخشب الصميمي (الصلب) :heartwood

يتكون نسيج الخشب من خلايا ميتة (العناصر الناقلة والألياف وخلايا حية (البارنشيمة) وفي خلال نشاط الخشب تكون هذه البارنشيمة نشطة وحية فتسمي الخشب الرخو sapwood، ويتوقف نشاط هذا الخشب تموت البارنشيمة ويتغير تركيب جدرها فيسمي " خشبا صلبا" heartwood ويشمل تغير جدر هذه الخلايا زيادة التلجنن والتشرب بمواد خاصة مثل الزيوت والصموغ والراتنج والتانين ومواد ملونة أخري، كما تتكون التيلوزات التي تتلجنن أيضا وكذلك ينغلق التخت torus في نقر القصيبات ويتلجنن وبالتالي تزداد صلابة الخشب ويقتم لونه، وهذا الخشب الصلب هو المهم اقتصاديا. وتختلف النباتات في نسبة الخشب الرخو إلي الصميمي وبالتالي تختلف القيمة الاقتصادية لخشب هذه النباتات.

(٨) نسيج اللحاء Phloem tissue : يتكون من عدة

الانابيب الغربالية + الياف اللحاء + برنشيمة اللحاء

شكل الخلايا :

اللحاء هو النسيج الناقل للغذاء في النباتات الوعائية. وقد نشأت كلمة لحاء phloem من الاغريقية بمعنى قلف. ويرتبط كل من الخشب واللحاء سويا ويكونان معا الجهاز الوعائي الذي ينتشر في كل أجزاء النبات تقريبا. ويتكون اللحاء وهو نسيج مركب من عدة أنواع من الخلايا المختلفة مورفولوجيا وفسيولوجيا وتشمل العناصر الغربالية sieve elements وكذلك توجد البرنشيمة في ٣ صور وهي بارنشيمة اللحاء phloem parenchyma وبارنشيمة الأشعة ray parenchyma في اللحاء الثانوي وكذلك توجد بارنشيمة متخصصة مصاحبة للعناصر الغربالية تسمي الخلايا المرافقة companion cells وذلك في مغطاة البذور، اما في معراة البذور فتسمي الخلايا الزلالية albuminous cells، وبالإضافة لهذه البارنشيمة توجد ألياف اللحاء phloem fibres وكذلك توجد الاسكلريدات. وفي بعض النباتات قد توجد انابيب لبنية lacticifers وكذلك توجد بعض الخلايا الشاذة idioblasts.

ويقسم نسيج اللحاء (مثل الخشب) إلي اللحاء ابتدائي primary phloem وينشأ من البروكامبيوم ويتكون من لحاء أول protophloem (Pph) ولحاء تالي metaphloem (Mph) ولحاء ثانوى (Sph) ينشأ من الكامبيوم الحزمى.

وعلي الرغم من وجود نسيج اللحاء إلي خارج نسيج الخشب فقد تحتوي بعض ذوات الفلقتين من الفصيلة العلاقية والباذنجانية والقرعية علي نسيج لحاء داخلي inner phloem إلي داخل الخشب. وهذا اللحاء الداخلي يكون دائما ابتدائي النشأة. وعند وجوده لابد من تحديد اللحاء الخارجي external phloem من اللحاء الداخلي.



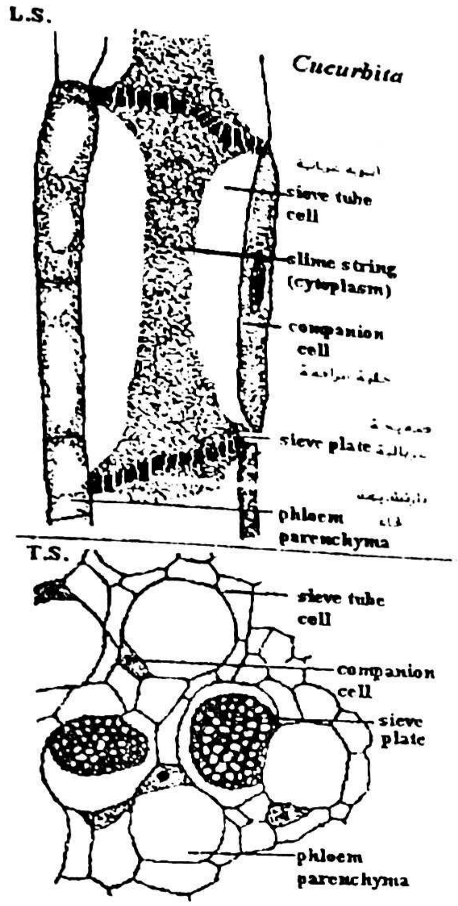


عناصر اللحاء :

أ) العناصر الغربالية Sieve elements :

تقسم العناصر الغربالية للحاء حسب التطور السالف لها (مثل تقسيم الخشب إلي قصيبات ووحدات وعائية) إلي خلايا غربالية sieve cellsو هي العناصر البدائية وتوجد في معراة البذور وما قبلها. والي وحدا الأنبوبة الغربالية sieve tube members or elements وهي وحدات تتصل رأسيا معا لتكون الأنبوبة الغربالية sieve tube (مثل اتحاد الوحدات الوعائية للخشب لتكوين وعاء) وتوجد في نباتات مغطاة البذور. وكلا النوعين خلاياهما طويلة الشكل. وتتميز العناصر الغربالية بوجود المساحات الغربالية sieve areas في جدرها ويسمي جزء الجدار المحتوي علي المساحة الغربالية باسم الصفيحة الغربالية sieve plate (كما تمتاز بتحور خاص في بروتوبلاست الخلايا) وهي مساحات من الجدار بها ثقوب متجمعة ويرتبط خلالها العنصران الغرباليان المتعاقبان رأسيا، وتعتبر حقول نقر ابتدائية متخصصة تمر منها الخيوط البلازمية. وترتبط هذه المساحات الغربالية بمادة الكالوز callose وهي جزيئات جلوكوز مرتبطة برابطة ٣-١β ويكون شكلها حلزونيا.

وتبطن مادة الكالوز الثقوب وقد تعلو فوقها قليلا في العناصر الغربالية النشطة ولكنه يزداد بعد ذلك ويضغط علي الثقوب بشدة. وبهذا يسمي تجمع هذه المادة باسم الكالس calluse (وهو يختلف عن الكالس الجرحي).



رسم تخطيطي لقطاع طولى (L.S) واخر عرضى (T.S) يوضحان عناصر نسيج اللحاء

تطور نشأة العناصر الغربالية :

جدار العناصر الغربالية ابتدائي دائما (في الحالة النشطة) وسليلوزي، وتظهر به المسطحات الغربالية كانخفاضات (في المنظر السطحي). وقد يحدث اتساع في حجم ثقوب هذه المسطحات خلال التكشف، حيث يكون الثقب في مبدأ تطوره به خيط بلازموديزما واحد ثم يترسب عليه الكالوز وأجزاء من ER وهذا يزيد من قطر الثقب ثم بزيادة التطور omogeny يلتحم الثقبان (على الجانبين) معا وتتكون قناة. وبزيادة عمر المسطح الغربالي تزداد كمية الكالوز وتضغط علي الروابط البروتوبلازمية كما يبرز الكالوز فوق السطح وتصبح المسطحات الغربالية كارتفاعات علي الجدار. وعند انتهاء وظيفة العنصر الغربالى تتلاشى الروابط البلازمية

وتسد تماما بالكالوز الذى يسمى حينئذ بالكالس القاطع definitive calluse وتختفي المسطحات الغربالية ثم يختفي الكالوز تماما ويترك الثقوب مفتوحة بشكل غربال ومن هنا جاءت تسمية هذه العناصر. وتوجد المسطحات الغربالية علي الجدر الطرفية وكذلك الجانبية للعناصر الوعائية الا أن تلك الموجودة علي الجدر الطرفية تكون ذات ثقوب أكبر. وإذا كان الجدار به مسطح غربالي واحد تسمي صفيحة غربالية بسيطة simple sieve plate، وقدد يوجد أكثر من مسطح غربالي وتسمي صفيحة غربالية مركبة compound sieve plate، ويختلف فيها تركيب هذه المسطحات من سلمي scalariform أو شبكي reticulate أو مثقب perforated.

وتتشابه العلاقة بين الخلايا الغربالية ووحدات الأنبوبة الغربالية مع العلاقة بين القصيبات والوحدات الوعائية، فالخلايا الغربالية أقل تطورا من وحدات الأنبوبة الغربالية.

والخلايا الغربالية خلايا طويلة اسطوانية الشكل ذات مساحات غربالية فردية غير متخصصة. وتكون أطراف الخلايا الغربالية مستدقة وتكون جدرها الطرفية مائلة ومتراكبة علي بعضها البعض وتوجد مسطحات غربالية عديدة. وعلي الجانب الآخر تعتبر وحدات الأنبوبة الغربالية أكثر رقيا من حيث مسطحاتها الغربالية التي تكون متجمعة وهنا يمكن اطلاق مصطلح الصفائح الغربالية عليها. وتتركب هذه الوحدات من خلايا طويلة وجدرها الطرفية مائلة أو عرضية وتوجد بها الصفائح الغربالية، وتكون سلسلة هذه الوحدات الأنبوبة الغربالية (مثل حالة الوحدات الوعائية والوعاء). وتوجد الصفائح الغربالية أيضا علي الجدر الجانبية لهذه الوحدات الغربالية.

ومن ناحية التطور السالف phylogeny فان العناصر الغربالية عموما نشأت من الخلايا البارنشيمة خلال تغيرات في نظام الانزيمات بها. وقد

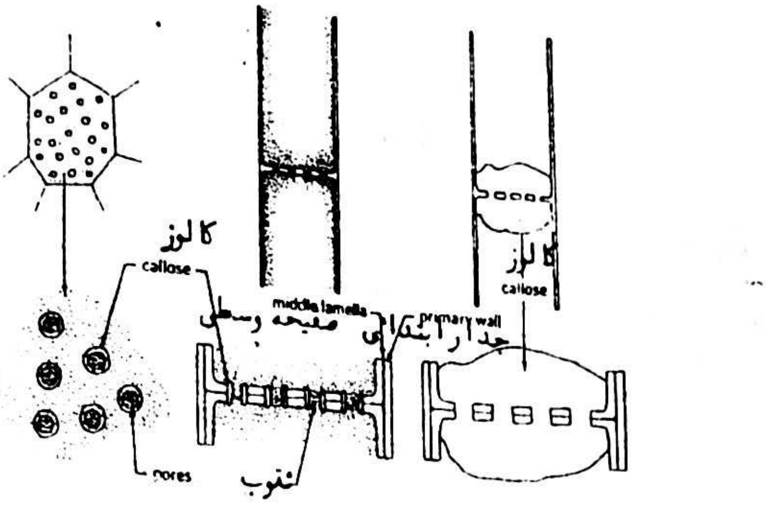
نشأت أولا الخلايا الغربالية ثم تطورت منها وحدات الأنبوبة الغربالية التي في أدني تطورها تكون ذات جدر طرفية مائلة وذات صفائح غربالية مركبة، وبزيادة التطور يقصر طول الخلايا، ويتركز وجود الصفائح الغربالية في الجدر الطرفية، وزاد ميل هذه الجدر حتي أصبح عرضيا transverse مع تحور في الصفائح الغربالية من سلمي إلي مثقب ثم إلي صفائح غربالية بسيطة، وبزيادة التطور ازداد سمك ثقوب هذه الوحدات. وكذلك حدثت زيادة في النسبة المئوية للجدر العرضية بالنسبة لمساحة السطح الكلي وهذا يفيد في زيادة كفاءة النقل الطولي. والميزة الأساسية (والفريدة في النبات) هي عدم احتواء العناصر الغربالية علي نواة عند النضج حيث تختفي هذه النواة خلال تكشف العناصر الغربالية، وفي بعض الحالات النادرة قد تخرج النويات من النواة قبل اختفائها وتظل هذه النويات في السيتوبلازم. وتحتوي العناصر الغربالية علي مواد مخاطية slime وهي أساسها مواد بروتينية، وتوجد هذه الأجسام في العناصر الغربالية بشكل أجسام تسمي P-protein وقد وجد منها نوعان : -P١ protein وهي تجمع لأنابيب دقيقة microtubules وتكون مبعثرة في السيتوبلازم ثم يظهر فيما بعد P٢-protein وهي بشكل لويفات متراصة وتحتوي علي RNA.

وتختفي أغلب محتويات الخلية من العنصر الغربالي الناضج (أو تكون بصورة غير كاملة) فيما عدا البلاستيدات والميتوكوندريا. والبلاستيدات تكون صغيرة الحجم وغير جيدة التكشف لأغشيتها الداخلية، وتحتوي علي حبيبات النشا بشكل قرصي. وتتجمع هذه الحبيبات مع p-protein عند المسطحات الغربالية عند حدوث جرح في اللحاء. أما الميتوكندريا فتوجد ولكن يغيب عنها الأغشية الداخلية المميزة، وتختفي الدكتيوسومات تماما. كما يتكسر التونوبلاست وتقوم النواة الموجودة في الخلايا المرافقة بتنظيم عمل العناصر الغربالية وتقوم أيضا بتوليد الطاقة اللازمة للنقل اي أنها تنظم عملها نظرا لعدم وجود نواة بالعنصر الغربالي.

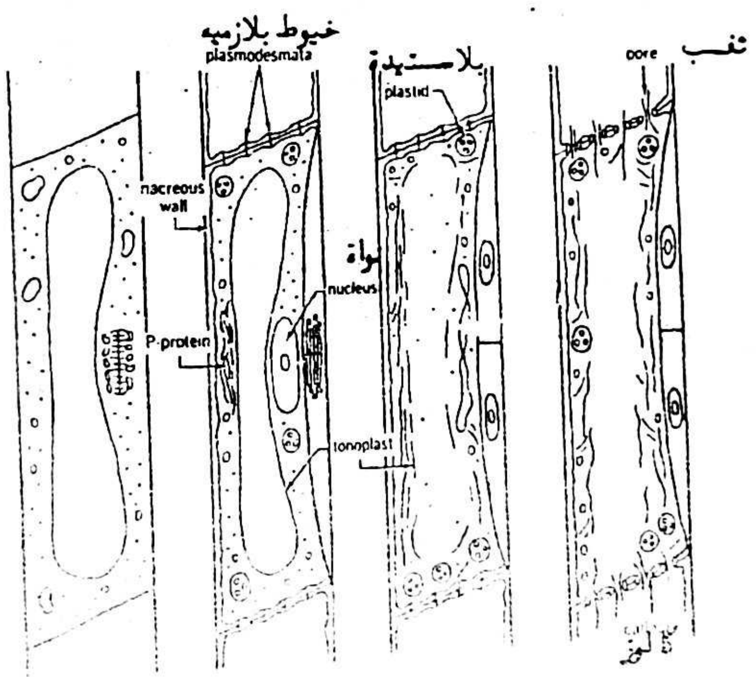
ب) الخلايا المرافقة Companion cells :

ترتبط وحدات الأنابيب الغربالية في مغطاة البذور ارتباط وثيقا بخلايا بارنشيمية متخصصة تسمي الخلايا المرافقة، وتنشأ هذه الخلايا من نفس الأصول المرستيمية لهذه الوحدات، وقد تكون هناك أكثر من خلية مرافقة لكل وحدة أنبوبة غربالية. وبداءة الوحدة الغربالية تنقسم طوليا عدة مرات، وأحد هذه المشتقات تكون وحدة أنبوبة غربالية وتكون أحد أو باقي الخلايا خلية مرافقة أو أكثر. والخلايا المرافقة اما ان تكون بشكل البارنشيمة العادية أو تكون طويلة مثل العنصر الغربالي، وقد توجد في أحد جوانب العنصر الغربالي أو في أكثر من جانب أو تكون عدة خلايا في صف طولي مرافق للعنصر الغربالي خاصة عند غياب بارنشيمة اللحاء وقد لا تتصل هذه الخلايا في صف طولي مرافق للعنصر الغربالي خاصة عند غياب بارنشيمة اللحاء وقد لا تتصل هذه الخلايا المرافقة ببعضها البعض. والجدار بين الخلايا المرافقة وبين وحدة الأنبوبة الغربالية يحتوي علي مسطح غربالي من ناحية العنصر ويحتوي علي حقول نقر ابتدائية من ناحية الخلايا المرافقة، وتحتوي حقول النقر هذه علي خيوط بلازمية قد تكون متفرعة. وتحتوي الخلايا المرافقة علي نواة تكون أكثف في الصبغ من نواة البارنشيمة العادية ويرجع ذلك لوجود مواد مشابهة للمخاط الموجود في العنصر الغربالي. ويوجد في الخلايا المرافقة بلاستيدات عديمة اللون ولكن لا يوجد بها نشا. ويوجد بها عديد من الميتوكوندريا ودكتوسومات و ER، وترتبط الخلايا المرافقة بالعنصر الغربالي تماما حتي أنه عند موت العنصر تموت الخلايا المرافقة بعده تماما.

وفي معراة البذور حيث لا توجد خلايا غربالية فانه يرافقها خلايا زلالية albuminous cells (كما توجد هذه الخلايا الزلالية خلال أشعة اللحاء خاصة عند الحواف). ولكن لا توجد علاقة تطورية بين العنصر الغربالي وهذه الخلايا.



خطوات تكوين الكالس القاطع فى نسيج اللحاء



تطور منشأ وحدة الانبوبة الغربالية

ج) الخلايا البارنشيمية في اللحاء :

يحتوي نسيج اللحاء علي كميات متباينة من البارنشيمة (بخلاف الخلايا المرافقة والزلالية) وتقوم هذه الخلايا الحية النشطة بالعمليات الحيوية المختلفة وتخزين المواد الغذائية، كما أنه يتجمع فيها التانين والصموغ. وبارنشيمة اللحاء الابتدائي تكون مستطيلة مثل العنصر الغربالي. أما في اللحاء الثانوي (مثل الخشب الثانوي) فتوجد البارنشيمة في نظامين : بارنشيمة النظام الراسي للحاء axial phloem parenchyma وكذلك بارنشيمة النظام الأفقي (أشعة) ray parenchyma. وتوجد بارنشيمة اللحاء في صورتين: اما خلايا طويلة بشكل العناصر الغربالية وتسمي fusiform parenchyma cellsأو خلايا قصيرة تنشأ من البداءات المغزلية بالانقسام العرضي في البداءة وتسمي parenchyma strand. أما خلايا الأشعة فتوجد في شكل خلايا راقدة procumbent وقائمة erect cells or upright وتكون أشعة اللحاء عادة علي امتداد أشعة الخشب وتشبهها في التركيب. وبارنشيمة اللحاء (بعكس بارنشيمة الخشب) تكون ذات جدر ابتدائية غير ملجننة. وترتبط هذه الجدر بالبارنشيمة المجاورة (سواء أشعة أو خلايا مرافقة) بحقول نقرا ابتدائية وعند ملامستها للعنصر الغربالي تكون حقل نقر من ناحيتها وصفيحة غربالية من ناحية العنصر الغربالي. وقد تتحول هذه الخلايا الي اسكلريدات خاصة بعد توقف اللحاء عن وظيفته وقد ينشأ منها الفللوجين.

د) الألياف fibers :

تتكون الألياف في اللحاء الابتدائي والثانوي (الياف خارج الخشب)، وألياف اللحاء الابتدائي تصل إلي طول كبير نتيجة النمو الجماعي والتوغلي، أما ألياف اللحاء الثانوي فتنمو بالنمو التوغلي فقط لذلك تكون أقصر من الألياف الابتدائية لنفس النبات. وألياف اللحاء (ابتدائي أو ثانوي) يكون لها جدار ثانوي قد يحدث له تلجنن وتكون ذات نقر بسيطة

أو مختزلة، وقد تكون هذه الالياف مجزاة وقد تحتوي علي بروتوبرست حي.

اللحاء الابتدائي primary phloem :

اللحاء الأول (P ph (protophloem :

اللحاء الأول P ph هو نسيج النقل في أجزاء النبات التي لم تكتمل استطالتها بعد حيث أنه يتكشف ويحتوي علي عناصر غربالية طويلة وضيقة عادة (فجوات كثيرة ولا توجد نواة) بها مسطحات غربالية. من الصفات الهامة أنه غالبا لا يوجد معها خلايا مرافقة في مغطاة البذور (وفي هذه الحالة تقوم نواة بارنشيمة اللحاء المجاورة بتنظيم التحكم في الخلية) ويمكن بذلك تمييز عناصر P ph تحت الميكروسكوب. كما أن بروتوبلاست هذه العناصر يصيغ بعمق أكثر من الخلايا المجاورة. وفي معراة البذور فان عناصر ال Pphلا تحتوي علي مسطحات غربالية ولذلك تسمي خلايا أصول اللحاء precursory phloem cells ويعتبر ذلك من الصفات المميزة لهذه النباتات.

وتقوم عناصر اللحاء الأول بوظيفتها لمدة بسيطة حيث تتكسر عناصره سريعا نظرا لاستطالة العضو وعدم قدرة العناصر الغربالية علي مجابهة هذه الزيادة بالانقسام نظرا لغياب النواة. وتسمي عملية التكسر هذه الاندثار obliteration. وبعد عملية الاندثار غالبا ما تتحول الخلايا الباقية خاصة البارنشيمة إلى ألياف (مثل الكتان). وفي أنصال وأعناق أوراق ذوات الفلقتين قد تتحول خلايا اللحاء بعد الاندثار الى كولنشيمة تحيط بالحزم، وعلي هذا فان هذه التغيرات السريعة والكبيرة في Pph تخفي معالم التركيب الأصلي له.

اللحاء التالي (Metaphloem (M ph :

وهو الجزء الثاني من اللحاء الابتدائي ويتكشف بعد وصول الأعضاء لحجمها الابتدائي الكامل وفي النباتات التي لا يحدث بها نمو ثانوي يكون هو نسيج التوصيل طول حياة النبات. أما في النباتات التي يحدث بها نمو ثانوي فان ال M ph يتوقف عن وظيفة بعد تكون اللحاء الثانوي وقد يحدث له اندثار أيضا.

وتتميز العناصر الغربالية للMph بأنها أوسع من تلك في Pph وذات مسطحات غربالية أكثر تحديدا ويوجد معها خلايا مرافقة بارنشيمية. ولكن Mph في ذوات الفلقة الواحدة يغيب فيه وجود هذه البارنشيمة حيث تكون العناصر الغربالية وخلاياها المرافقة في شرائط وتعتبر هذه الحالة أكثر تطورا من ناحية التطور السالف phylogeny وقد تحدث هذه الحالة في بعض ذوات الفلقتين العشبية. وفي ذوات الفلقتين يتميز ال Mph بعدم وجود الألياف (والألياف الموجودة تنشأ من ال P ph فقط). ولكن قد توجد بعض الاسكلريدات خاصة في الأجزاء كبيرة السن.

اللحاء الثانوي (Secondary phloem (S ph :

يتشابه ترتيب خلايا اللحاء الثانوي مع الخشب الثانوي. حيث يوجد في اللحاء الثانوي نظام رأسي ونظام أفقي. وعناصر النظام الرأسي في S ph تنشأ أيضا من بداءات الكامبيوم المغزلية وتتكون من عناصر غربالية وخلايا مرافقة وبارنشيمة وألياف. أما عناصر النظام الأفقي (الأشعة) فتنشأ من بداءات الأشعة. وتتشابه هذه الأشعة مع أشعة الخشب الثانوي في نفس النبات وتكون على امتدادها. وقد يكون اللحاء الثانوي مصفوفا أو غير مصفوف حسب نوع الكامبيوم كما في الخشب. وقد تظهر بعض حلقات النمو السنوية في اللحاء خاصة اذا استطالت عناصر اللحاء المبكرة عن المتأخرة. ولكن غالبا لا يمكن حدوث هذا التميز بوضوح وذلك لتدهو عناصر اللحاء الغير نشطة باستمرار بالإضافة إلي استطالة بارنشيمة هذا

اللحاء بعد توقف وظيفته علاوة علي انسلاخ جزء من هذا اللحاء مع البريدرم فيما بعد. ولذلك تكون عادة أشعة اللحاء أقل فى الطول من اشعة الخشب. ولكنها تساويها في العرض والارتفاع.

توقف اللحاء عن اداء وظيفته :

يقوم اللحاء الثانوي بالتوصيل لمدة عام واحد فقط (ما عدا جنسي العنب والتيليا). ويسمي الجزء من اللحاء الذي لا تقوم عناصره الغربالية بالتوصيل باسم nonconducting phloem ويحدث هذا بزيادة كمية الكالوز القاطع في المسطحات الغربالية وقد يبرز فوق السطح مما يؤدي لضغط الخيوط، ويصاحب ذلك تدهور مكونات العنصر وتدهور الخلايا المرافقة ولكن تبقي البارنشيمة حية وتقوم بتخزين النشا والتانين حتى يفصلها البريدرم (ولذلك فان التمييز بين اللحاء النشط والغير نشط يكون أساسا علي حسب حالة العناصر الغربالية فقط). وفي نهاية عملية وقف نشاط اللحاء تزال طبقة الكالس تماما وتبدو الثقوب مفتوحة.

الخلايا الناقلة Transfer cells :

وهي مجموعة من الخلايا توجد في مناطق متعددة من النبات وتقوم بعملية النقل لمسافة بسيطة short distance transport ويقصد به النقل من والي الجهاز الوعائي (الخشب واللحاء) حيث يتم نقل الماء والأملاح من الخشب لباقي الخلايا المجاورة وكذلك نقل الغذاء المجهز إلي العناصر الغربالية لنقله طوليا.

والصفة المميزة للخلايا الناقلة هي وجود نموات داخلية للجدار Wall ingrowths حيث يمتد الجدار الثانوي لهذه الخلايا (والذي يكون غير ملجنن) بشكل نموات متشعبة إلي داخل الخلية. وتحاط هذه النموات بالغشاء البلازمي الذي يلاصقها تماما. وتؤدي هذه النموات الداخلية إلي زيادة مساحة السطح المعرض للامتصاص حوالي ١٠ ــ ٤٠ مرة مثل

الخيوط البلازمودزمازية خيوط تمر بين الخلايا وبعضها عن طريق الثقور (X) بل النقر

السطح الداخلي للبارنشيمة العادية. وتمتاز الخلايا الناقلة أيضا بوفرة وجود البلازموديزماتا وبالسيتوبلازم الكثيف والنواة أحيانا تكون متفرعة. والميتوكوندريا تكون وفيرة وتشاهد على حواف النموات الداخلية للجدار. وكذلك يكثر وجود الدكتيوسومات. ووجود السيتوبلازم الكثيف يصعب عملية تمييز هذه الخلايا عن طريق النموات الداخلية للجدار باستعمال الميكروسكوب الضوئي الا في القطاعات الرقيقة جدا.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الخلايا الناقلة

أماكن وجود الخلايا الناقلة في النبات :

توجد الخلايا الناقلة في كل أجزاء النبات في مناطق الخشب واللحاء خاصة عند العروق الدقيقة للأوراق minor veins وعند المناطق العقدية nodal regions وكذلك توجد عند الشعيرات الغدية والثغور المائية أي كل الاعضاء التي يحدث فيها افراز الماء والأملاح كما يكثر وجودها في ممصات haustria النباتات الزهرية المتطفلة مثل الحامول. وتوجد الخلايا الناقلة في الشعيرات الغدية في تجاويف أوراق نبات السرخس المائي Azolla. وتقوم نموات الجدار بوظيفة هامة في التكافل symbiosis الموجود بين هذا النبات وبين الطحلب الأخضر المزرق Anabaena الذي يقوم بتثبيت الأزوت الجوي وينتقل الى النبات عن طريق الخلايا الناقلة السابق ذكرها. ويكثر وجود الخلايا الناقلة في السراخس بين الطور الجاميطي والجرثومي (حيث يعتمد الجرثومي على الجاميطي تماما). ويكثر وجود النموات الداخلية للجدار في أعضاء تكاثر

النباتات الزهرية فتوجد بكثرة في الخلايا المساعدة syneredgid cells والخلايا الداخلية علي الجدار المماسي الخارجي والجدر القطرية لطبقة الاليرون.

ويقل وجود الخلايا الناقلة في الجذور وتوجد أساسا عند مناطق خروج الجذور الجانبية من الاسطوانة الوعائية خاصة عند P.x. وقد تحتوي طبقة البريسيكل في بعض النباتات علي نموات داخلية للجدر خاصة عند مناطق ال P.x. وفي جذور البصل حيث لا توجد شعيرات جذرية يكثر وجود نموات الجدار الداخلية في خلايا البشرة للجذر. كما يكثر وجود الخلايا الناقلة في مناطق العقد البكتيرية لجذور البقوليات خاصة حول المناطق الوعائية والبريسيكل. وتحتوي الخلايا العملاقة giant cells (الناتجة عن اصابة الجذور ببعض أنواع النيماتودا) علي نموات داخلية جيدة التكوين. وتنشأ هذه الخلايا عقب الانقسام الميتوزي المتكرر الغير مصحوب بانقسام سيتوبلازمي. وكذلك توجد نموات داخلية لجدر خلايا الكالس خاصة تلك المواجهة للبيئة النامي عليها الكالس. وفي المجموع الخضري يكثر وجود الخلايا الناقلة في مناطق عقد الساق حيث يكون هناك ارتباط وثيق بين الخلايا الناقلة في الخشب وبين الآثار الورقية Leaf traces، وتحيط الخلايا الناقلة في اللحاء بالثغرة الورقية وترتبط بآثار الفروع branch traces. وفي البادرات توجد الخلايا الناقلة في اللحاء بشكل طوق collar في العقدة الفلقية وتقوم بدور هام في النقل حيث يكون تكشف الجهاز الوعائي هناك غير كامل في هذه المراحل المبكرة من التطور.

وأكثر مناطق وجود الخلايا الناقلة يكون في العروق الدقيقة لأوراق مغطاة البذور خاصة في ذوات الفلقتين ولكنها توجد أيضا في بعض أوراق ذوات الفلقة الواحدة.

أنواع الخلايا الناقلة :

هناك أربعة طرز من الخلايا الناقلة هي D،C،B،A ويوجد النوعان B،A مرتبطين بنسيج اللحاء. ويعتبر النوع A نوع متخصصا من الخلايا المرافقة والنوع B يعتبر بارنشيمة لحاء من نوع خاص خاصة بالقرب من العناصر الغربالية.

ويرتبط الطرازان D،C بنسيج الخشب وتتركز نموات الجدار لهما بالقرب من العناصر الناقلة ويمثل الطراز c نوع متخصص من بارنشيمة الخشب، أما الطراز D فيوجد في خلايا غلاف الحزمة bundle sheath المجاورة لنسيج الخشب وأيضا تتركز نموات

الجدار فيه في ناحية العناصر الناقلة. وهذا يميز الطرازين D،C عن B،A (الذي تنتشر فيه نموات الجدار علي طول الجدار عموما).

(١٠) التراكيب الإفرازية Secretory structures :

تنتج الخلايا النباتية اعدادا كبيرة من المواد الناتجة عن التمثيل الغذائي by-products الغير مستعملة وهي تنفصل بدرجات مختلفة عن البروتوبلاست الحي إلي خارج جسم النبات وتشتمل هذه المواد علي التربينات Terpenes (وهي هيدروكربونات ذات درجات متفاوتة من البلمرة) ومنها التربينات البسيطة البلمرة lower terbenes وتشمل الزيوت الأساسية، والنوع الثاني هو التربينات العالية البلمرة higher terbenes وتشمل الكاروتين والسابونين والمطاط بالإضافة للتربينات توجد أيضا المواد التانينية وبعض أنواع البللورات.

وهناك تباين كبير في التراكيب التي تقوم بعملية الافراز في النبات من حيث التركيب والتخصص وتوزيعها في جسم النبات الواحد وفي النباتات المختلفة. بعض هذه التراكيب خارجية وبعضها داخلية. ويتركب بعضها من شعيرات غدية بسيطة والبعض الآخر يتكون من غدد ذات حزم

وعانية خاصة بها، يضاف إلي ذلك وجود التجاويف والقنوات اللبنية laticifers التي تتباين كثيرا في شكلها ومنشأها. وكذلك تختلف التراكيب الإفرازية في المواد المفرزة منها فقد تفصل المادة المفرزة إلي الخارج وقد تبقي بداخل التركيب الافرازي نفسه أو داخل بعض الخلايا فتنشأ الخلايا الشاذة idioblasts. وفي بعض الحالات قد يكون افراز المواد إلي داخل المسافات البينية للخلايا أو في مخازن خاصة لها فوق سطح النبات. ويمكن تقسيم التركيب الإفرازية إلي تراكيب افرازية خارجية (تضم الزوائد والغدد، والغدد الرحيقية والحوامل العطرية osmophors والغدد المائية) والي تراكيب افرازية داخلية (وتشمل الخلايا المفرزة – المسافات – القنوات اللبنية).

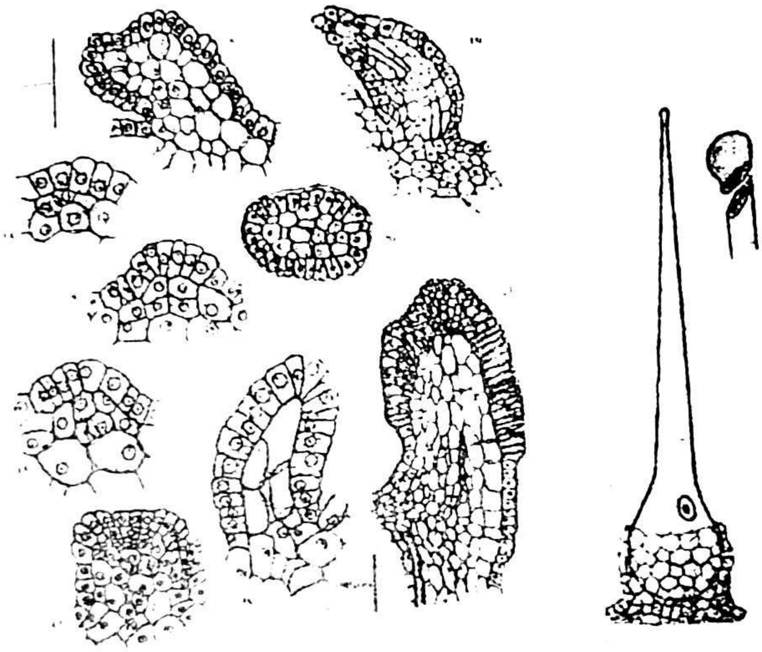
أولا : التراكيب الإفرازية الخارجية :

أ) الزوائد والغدد Trichomes and glands :

يوجد علي سطح النبات العديد من التراكيب الإفرازية، وبعضها ينشأ من البشرة ويضم البعض الآخر مشتقات للبشرة وبعض الطبقات الأعمق نسبيا. ويختلف توزيع هذه التراكيب علي سطح الأوراق والأزهار فقد تغطي طبقة البشرة الخارجية ببعض التراكيب مثل الشعيرات الشاجية shaggy hairsكما في أوراق الدفلة، أو تتكون تراكيب ذات درجات متفاوتة من التعقيد فقد تكون شعيرات غدية وحيدة أو ثنائية أو عديدة الخلايا ذات رأس مفرز وعنق من سلسلة من الخلايا، أو قد تكون حراشيف scales أو شعيرات درعية peltate hairs. وتنشأ كل هذه التراكيب من خلايا البشرة عن طريق الانقسام والاستطالة بطريقة خاصة مميزة لكل نوع منها.

وتسمي التراكيب الإفرازية الأكثر تعقيدا باسم الغدد Glands وهناك درجات متباينة في تخصص هذه الغدد وتراكيبها ويكون لذلك أهمية من ناحية علم التقسيم والتطور السالف. وتفرز الزوائد والغدد موادها إلي

الخارج التي قد تحتوي علي بعض السكريات كما في حالة الغدد الرحيقية وقد تحتوي علي الملح كما يحدث في النباتات النامية في بيئة ملحية، وقد تفرز بعض غدد النباتات آكلة الحشرات insectivorous plants بعض المواد المخاطية والهاضمة. وتحتوي الخلايا الإفرازية النشطة علي بروتوبلاست كثيف نتيجة قلة الفجوات كما يوجد بها نواة كبيرة، وتختلف باقي المحتويات الحية حسب نوع التركيب المفرز ولكنها غالبا تشترك في وفرة الدكتوسومات بها.



شعيرة لاذعة كللتر

بعض أنواع الشعيرات المفرزة

وقد تقوم بعض الشعيرات الغدية بافراز موادها بين الجدار والكيوتيكل مما يسبب انتفاخه وتمزقه في النهاية، وهذا قد يسبب تدمير الشعيرة الغدية وفي بعض الحالات قد تتصلب هذه المواد وتبقي تحت الكيوتيكل دون تصلبه. وتلعب الشعيرات اللاذعة stinging hairs دورا هاما في الدفاع عن نبات الحريق Urtica حيث تتركب الشعيرة من قناة دقيقة يكون الجزء السلفي منها متحجرا بينما يحتوي الجزء العلوي منها علي سليكا.

وفي قاعدة الشعيرة توجد حوصلة منطمرة في البشرة وفي قمة الشعيرة يوجد غطاء كروي يتكسر وينغرس طرف الشعيرة في جسم اي حيوان أو انسان وتندفع محتويات الحوصلة اللاذعة التي تتركب من acetyl-choline،histamine وتسبب ألما شديدا.

وهناك نوع آخر يسمي الكللترات colleters (من الكلمة الاغريقية Colla بمعني صمغ أو غراء) وهي حراشيف توجد فوق البراعم وتفرز افرازات صمغية وراتنجية كما في الورد مثلا وهي تحمي البراعم خلال فصل الشتاء، ولكنها سرعان ما تتساقط بعد تفتح البرعم واستطالته.

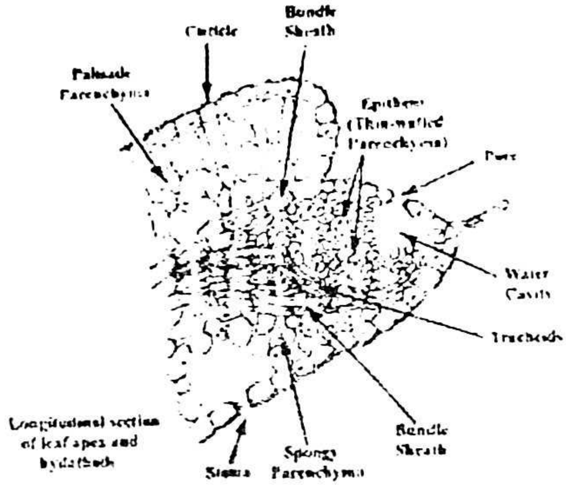
ب) الغدد الرحيقية Nectaries :

توجد الغدد الرحيقية إما علي الزهار وتسمي غدد رحيقية زهرية floral nectaries أو توجد علي الأجزاء الخضرية وتسمي غدد رحيقية غير زهرية extrafloral nectaries ويتباين تركيب الغدد الرحيقية من مجرد سطح مفرز إلي غدة إفرازية متخصصة ذات حزم وعائية. وتوجد الغدد الرحيقية الزهرية في أماكن مختلفة من الأزهار ويزداد التطور السالف للنبات بانتقال هذه الغدد من الغلاف الزهري إلي الأجزاء الرئيسية (الطلع والمتاع). أما الغدد الرحيقية الغير زهرية فتوجد علي السوق و الأوراق والأذينات وأعناق الأزهار.

ج) الثغور المائية Hydathodes :

وهي تراكيب متخصصة لاخراج الماء من داخل الورقة إلي سطحها الخارجي خلال عملية الادماع guttation. ويحتوي هذا الماء علي أملاح مختلفة وسكريات وبعض المواد العضوية الأخري وأيضا قد يحتوي علي الجلوتامين glutamine خاصة عقب تسميد النباتات بكبر يتيت الأمونيوم ammonium sulphite. وقد تتجمع المواد الموجودة في الماء باستمرار (بعد جفاف الماء) ويسبب تجمعها بعض الأضرار للنبات أو بتفاعلها مع

بعض مبيدات الحشرات. ويصل الماء إلي الثغور المائية عن طريق أطراف القصيبات في نهاية الحزم حيث تتصل هذه النهايات بنوع خاص من البارنشيمة تسمي الخلايا الطلائية epithelim ذات جدر رقيقة وخالية من البلاستيدات الخضراء وكثيرة المسافات البينية التي يتحرك الماء خلالها حتى يصل إلي السطح حيث يوجد نوع خاص من الثغور التي تنقصها ميكانيكية الغلق لذلك تكون مفتوحة دائما. وقد تنفصل ال epithelim. عن باقي نسيج الورقة بغمد خاص تكون خلاياه مسوبرة أو ذات أشرطة كسبيرية. وفي بعض النباتات تغيب طبقة ال epithelim.



تركيب الثغر المائي

وتقسم الثغور المائية إلي :

١ – ثغور مائية نشطة active hydathodes وتشتمل علي

أ) ثغور مائية وحيدة الخلية

ب) ثغور مائية عديدة الخلايا

٢ – ثغور مائية غير نشطة passive hydathodes وهي عديدة الخلايا وتقسم إلي :

أ) ثغور ذات خلايا طلائية with epithelim

ب) ثغور بدون خلايا طلائية without epithelim

وخلايا ال epithelim تكون غنية في الدكتيوسومات وتغيب فيها البلازمود زماتا، ويوجد في بعضها نموات داخلية للجدار (أي يمكن اعتبارها خلايا ناقلة) خاصة عند اتصالها بالخشب.

د) الحوامل العطرية Osmophores :

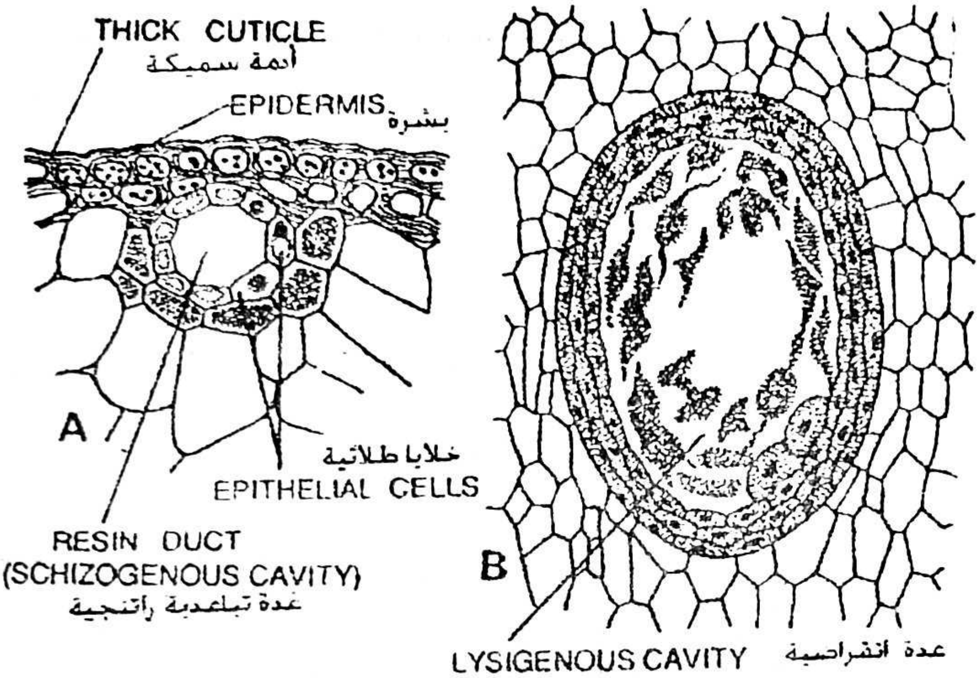
وهي تراكيب مسئولة عن حمل الرائحة العطرية المميزة لبعض الأزهار. وقد نشأت الكلمة من الاغريقية بمعني عطر، حامل. وقد توجد هذه التراكيب علي اشكال جيوب flap أو اسواط cilia أو فرش brushes، وتمثل القينوه spadix في العائلة النخيلية احد أنواع هذه الحوامل العطرية وكذلك النسيج الممسك بالحشرات في بعض النباتات، وتتكون الحوامل العطرية من نسيج مفرز علي عمق عدة طبقات وتكون خلاياه كثيفة السيتوبلازم غنية بالمواد المخزنة، ولكنها بعد الافراز تبدو وكأنها فارغة. وفي بعض الحالات قد يكون الحامل العطري مزودا بأنسجة وعائية.

ثانيا : التراكيب الإفرازية الداخلية Internal secretory structures وتشمل :

أ) الخلايا المفرزة Secretory cells :

تتكشف الخلايا المفرزة غالبا من خلايا النسيج الأساسي وتحتوي علي العديد من المواد مثل الصموغ والزيوت والتانين والمخاط والبللورات. وتسمي هذه الخلايا الغريبة أو الشاذة idioblasts لأنها تختلف بوضوح عن الخلايا المجاورة لها. وقد تكون هذه الخلايا متساوية الأضلاع isodiametric أو قد تكون مستطيلة بعض الشئ أو تكون متفرعة. وتقسم الخلايا المفرزة عادة علي حسب المحتويات الكيماوية لها. مثل الخلايا الزيتية oil cells التي يوجد الافراز الزيتي لها بشكل كروي داخل الخلايا ويكون السيتوبلازم فيها رغويا foamy وعادة لا يوجد بها

نواة وجدار الخلية يكون مسوبرا. ومن الأمثلة الشائعة أيضا هي الخلايا التي تحتوي علي بللورات.



ب) المسافات الإفرازية Secretory spaces :

تنشأ هذه المسافات أو الفراغات اما بالطريقة الانفصالية أو الانقراضية أو بكلا الطريقتين، وفي الحالة الأولي (الانفصالية) فان الفراغ يحاط بما يسمي الخلايا الطلائية epithelium (وهي التي تقوم بالافراز). وهذه الفراغات قد تكون مستديرة كما في بعض النباتات البقولية أو تكون مستطيلة بشكل قناة كما في الصنوبر وبعض النباتات الخيمية. وفي الخلايا الطلائية للصنوبر تتجمع قطيرات من الراتنج قرب الجدار المواجه للفراغ ثم تترك البروتوبلاست وتذهب إلي القناة.

وفي حالة القنوات الانقراضية كما في الموالح والكافور فان الخلايا تتكسر ويتكون الفراغ، ويلاحظ ان الافرازات تظهر بوضوح في الخلايا قبل

تكسرها ثم يبدأ ذوبان جدار بعض الخلايا ثم يمتد هذا إلي الخلايا المجاورة.

ج) القنوات اللبنية Laticifers :

وهي سلسلة من الخلايا ملتحمة معا تحتوي علي سائل يسمي اللبن النباتي (latex Pl.Lattices) ونشأة هذه الكلمة من الكلمة اللاتينية lac بمعني لبن (وأيضا كلمة latex معناها باللاتينية سائل). ويختلف تركيب اللبن النباتي كثيرا حسب النبات. والقنوات اللبنية أنبوبية الشكل قد تتركب من خلية واحدة فتسمي قناة لبنية بسيطة simple laticifers أو مجموعة من الخلايا متحدة معا فتكون قناة لبنية مركبة compound laticifers.

(١١) نسيج البريدرم Periderm tissue :

البريدرم هو نسيج ثانوي وظيفته الحماية. وأصل الكلمة من الكلمة اليونانية peri بمعني حول أو محيط وكلمة derma بمعني جلد. ويحدث تكوين البريدرم في الأعضاء التي تنسلخ فيها البشرة نتيجة النمو الثانوي. ويتركب نسيج البريدرم من ثلاثة أجزاء :

أ) الكامبيوم الفليني phellogen وهو المرستيم الذي يكون النسيج، ب) الفلين phellem الكلمة في اللغة الإغريقية أو فلين) ويتكون للخارج، ج) القشرة الثانوية phelloderm (من الكلمتين الاغريقيتين pello بمعني غير فليني، derma بمعني جلد) ويكون للداخل.

وهناك خطأ شائع في تسمية نسيج البريدرم بالقلف bark. ويطلق مصطلح قلف على كل الأنسجة المتكونة خارج الكامبيوم الوعائي وبالتالي فهو يشمل اللحاء الثانوي الذي قد تنفصل أجزاء منه بفعل نسيج البريدرم وتموت. وبهذا فان مصطلح قلف يطلق علي الاجزاء الميتة المنفصولة من الساق (بريدرم بالاضافة إلي باقي الأجزاء المفصولة حتي مكان نشأة البريدرم). ولتصحيح مصطلح قلف يجب أن يسمي باسم القلف

الخارجي outer bark أو ريتودوم rhytidome (من الكلمة الإغريقية بمعني تجعد وهذا يشير إلي شكل هذا القلف الخارجي).

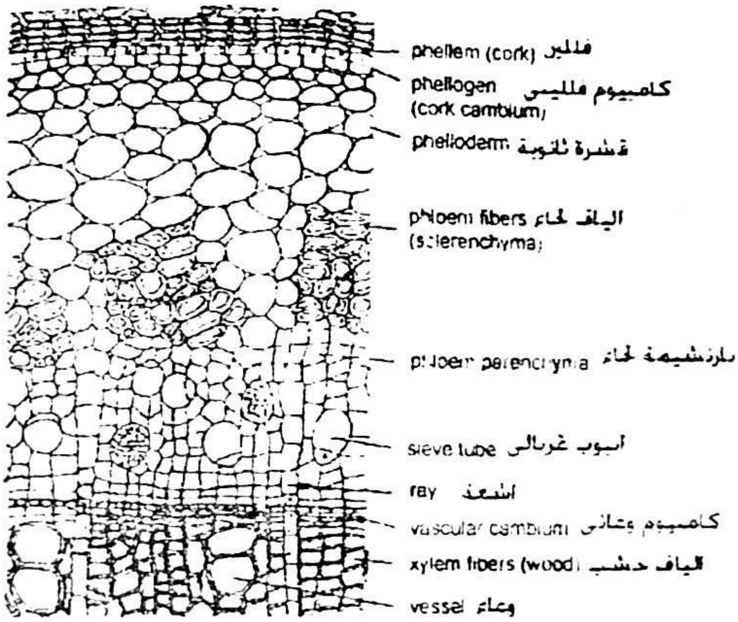
وجود نسيج البريدرم :

يظهر نسيج البريدرم علي أسطح جذور وسوق وأفرع النباتات ذوت الفلقتين الخشبية وأيضا معراة البذور، التي يحدث بها نمو ثانوي يؤدي لزيادة قطر العضو فيؤدي ذلك لأنسلاخ البشرة وقد ينشأ نسيج البريدرم قبل أو بعد انسلاخ البشرة. وقد ينشأ البريدرم أيضا في بعض ذوات الفلقتين العشبية خاصة في الأماكن المسنة منها. أما في ذوات الفلقة الواحدة فانها قد تكون نسيج يشبه البريدرم ولكنه ليس بريدرم نموذجي. أما في الأوراق فلا يتكون البريدرم (إلا نادرا) ولكن يتكشف بها الحراشيف التي تقي البراعم. ولا يتكون البريدرم في النباتات الوعائية اللا بذرية نظرا لعدم وجود النمو الثانوي بها (وفي الأعضاء الأرضية لهذه النباتات يحدث تسوبر في جدر خلايا البشرة وكذلك الطبقات الخارجية من القشرة). ويختلف توقيت ظهور البريدرم في النباتات المختلفة فقد تحافظ البشرة في بعض النباتات علي نفسها بالانقسام القطري لمواجهة الزيادة ولكنها سرعان ما تتمزق ويتكون البريدرم. وكذلك يختلف موضع ظهور البريدرم فقد ينشأ الكامبيوم الفليني تحت البشرة مباشرة وينتج فلين للخارج وقشرة ثانوية للداخل وبالتالي لا تنفصل الا البشرة فقط. وقد ينشا الفيلوجين في أعماق مختلفة من القشرة وبالتالي تنفصل كل الطبقات المتكونة خارجه وقد ينشأ الفيلوجين في طبقات اخري أعمق حتي اللحاء الذي ينفصل مع باقي الأنسجة التي خارجه.

مميزات مكونات البريدرم :

أ) الفيلوجين :

يتميز الفيلوجين ببساطة التركيب بالمقارنه بالكامبيوم الوعاني، حيث يتكون الفيلوجين من نوع واحد من الخلايا المستطيلة الشكل في القطاع العرضي والتي تمتد مماسيا غالبا، أما في القطاع الطولي فتبدو الخلايا مربعة عادة. وتتميز الخلايا بأن البروتوبلاست فيها يحتوي علي فجوات بدرجات متفأوتة وقد توجد بها البلاستيدات الخضراء.



رسم تخطيطي يبين تركيب نسيج البريدرم

ب) الفلين :

تتميز خلايا الفلين بأنها منشورية الشكل وغالبا تكون مستطيلة نوعا ما في اتجاه المحور الطولي للساق وعادة تكون أبعادها في الاتجاه القطري أقصر من الاتجاه المماسي. وعدد أوجه الخلايا الفلينية ١٤ وجه (مثل البارنشيمة) أي تكون بشكل tetrakaidecahedral، وتمتاز هذه الخلايا بأنها مرتبة بجانب بعضها باحكام حيث لا توجد مسافات بينية، وتكون في

صفوف قطرية منتظمة نظرا لنشأتها من طبقة واحدة (الفيلوجين) بالانقسام المماسي. ونظرا لأن الوظيفة الأساسية لخلايا الفلين هي الحماية فان جدرها تتميز بوجود السوبرين وقد يحدث ترسيب هذا السوبرين قبل تمام وصول الخلية لحجمها الكامل. ويترسب السوبرين بشكل طبقات متعاقبة بعد طبقة السليلوز. ويكون بالتبادل مع طبقات شمعية. وبالإضافة لهذا فقد تترسب طبقات سليلوزيةإضافيةإلي الداخل (أي تجاه تجويف الخلية) وقد يتلجنن هذا السليلوز. ولا توجد نقر في جدار خلايا الفلين ولكن توجد البلازموذماتا التي تنسد في الخلايا الناضجة بمادة السوبرين.

ويختلف لون خلايا الفلين من البني للأصفر أو قد تكون عديمة اللون، ويرجع اللون إلي تشرب الجدار بمواد مثل التانين (ولا يرجع اللون للسوبرين). والخلايا الناضجة تكون خالية من البروتوبلاست وتملأ بالهواء لذلك فان مادة الفلين التي تصنع منها السدادات تكون مرنة، وتكون مادتها غير منفذة للماء تماما بسبب وجود الشموع (وليس السوبرين حيث أنه ينفذ الماء بعض الشئ). ونظرا لامتلاء خلايا الفلين بالهواء فان الفلين المستخدم تجاريا يكون عازلا جيدا جدا للحرارة وقد توجد بعض الخلايا شبيهة الفلين phelloids ضمن نسيج الفلين وتمتاز بعدم وجود السوبرين في جدرها ولكنها قد تصبح ملجننة.

ج) القشرة الثانوية :

تتشابه خلايا القشرة الثانوية مع خلايا القشرة الابتدائية (ولكنها لاتتشابه مع الخلايا الفلين في الشكل)، والصفة المميزة بينهما هي وجود خلايا القشرة الثانوية في نظام قطري بسبب نشأتها بالإنقسام المماسي من طبقة واحدة من الخلايا وهي الفيلوجين.

البوليدرم polyderm :

وهو نوع خاص من البريدرم يوجد في الأجزاء الأرضية لبعض النباتات مثل العائلة الوردية، ويحتوي علي خلايا مسوبرة وغير مسوبرة في طبقات متبادلة، وتقوم الطبقات الغير مسوبرة بتخزين الغذاء، أما الخلايا المسوبرة فتكون بسمك خلية واحدة.

مكان نشأة الفيلوجين :

عند تحديد مكان نشأة الفيلوجين فلابد من التمييز بين البريدرم الأولي first periderm وبين البريدرمات التالية له subsequent periderms التي تتكون تحته وتحل محله بعد إنسلاخه نتيجة الزيادة المستمرة في قطر العضو. وقد ينشأ البريدرم الأول في أعماق مختلفة (ولكن حتى الكامبيوم) فقد ينشأ البريدرم في طبقة البشرة كما في الدفلة والكمثري. والغالب أن ينشأ البريدرم من الطبقة الثانية أو الثالثة للقشرة، وقد تكون نشأة البريدرم عميقة بالقرب من المنطقة الوعائية كما في العنب وفي بعض الحالات سجّل تكوين البريدريم في نسيج الخشب ويسمي الفلين الخشبي المنشأ interxylary ويكون مرتبطا بالنمو الثانوي الشاذ. وتكوين البريدرمات المتعاقبة يحدث في الطبقات المتتالية للقشرة أي أن كل بريدرم يتكون في طبقة أعمق من الذي يسبقه وبذلك يزداد عمق البريدرم بزيادة عمر النبات وتوالي نشأة البريدرمات. وينشأ البريدرم الأول في الطبقات السطحية موازيا لمحور الساق وفي حالة السوق المضلعة أو ذات الأركان يتركز نشأة البريدرم في هذه الأركان، وبانسلاخ القشرة في هذه الأركان يصبح الساق مستدير بزيادة عمره وتنشا البريدرمات التالية حول محيط الساق. وتنشا البريدرمات التالية بطر يقتين أساسيتين فإما ان تنشا مثل البريدرم الأول (ولكن في طبقات متعاقبة) او تنشا بشكل طبقة غير متصلة وعند إنسلاخها تكون بشكل شرائط او حراشيف متراكبة حول بعضها.

وينشأ البريدرم في جذور ذوات الفلقتين والمخروطيات في منطقة البريسيكل وهذا يؤدي غالبا لانسلاخ القشرة الابتدائية كلها,ولو أنه احيانا ينشأ هذا البريدرم خلال القشرة.

الأنسجة الواقية في ذوات الفلقة الواحدة :

لا تكون ذوات الفلقة الواحدة بريدرم بالمعني المفهوم. وعادة تتصلب طبقة البشرة مع حدوث تحور في طبقات القشرة الخارجية التي قد تتسوبر جدرها أو تتحول إلي اسكلريدات أو ألياف ويحدث هذا في مناطق محددة ثم ينتشر علي محور الساق كله.

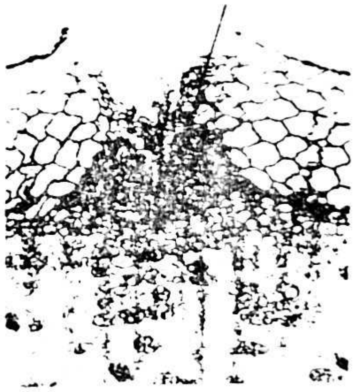
وفي النمو الثانوي الشاذ يحدث انقسام متكرر موازي للسطح في القشرة ويتبع ذلك تسوبر جدر الخلايا الناتجة التي يصل عددها ٤-٨ في كل صف قطري ثم تتحول الخلايا الخارجية إلي خلايا فلين وتبقي الداخلية منها حية ولكنها ذات جدر مسوبرة. ويسمي هذا الفلين المصفوف storied cork ويشيع هذا الشكل في الدراسينا مثلا.

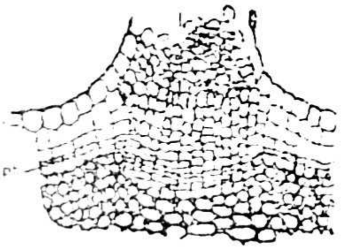
العديسات Lenticels :

هي مناطق من البريدرم تتميز بتفكك خلاياها ووجود المسافات البينية، التي تتصل بالمسافات البينية للساق حتى تساعد في عملية التبادل الغازي وذلك في الجذر والساق، علي أنه في بعض الحالات قد لا توجد عديسات تماما علي الساق مثل جنس العنب. ونشأت كلمة عديسة lenticel من الكلمة اللاتينية lentis بمعنى عديسة وذلك له علاقة بالشكل. وعادة تبرز العديسات فوق سطح البريدرم عن طريق بعض التشققات السطحية فيه وهذا يؤدي إلي التوزيع المميز لها في النباتات المختلفة. ويتراوح قطر العديسة من ١.٠ مم مع ملاحظة ان العديسة الواحدة قد تكبر في القطر بزيادة عمر الساق والبريدرم كما في جنس البرقوق أو قد تتكسر بزيادة

قطر الساق والبريدرم كما في التفاحم. وتنشأ العديسات نتيجة تكون فيلوجين العديسات lenticel phellogen.

وتنشأ العديسات أسفل الثغور اذا كان البريدرم سطحي النشأة، وقد تشاهد قبل نشأته حيث تختفي البلاستيدات الخضراء من بارنشيمة الغرفة التحت ثغرية وتبدأ انقسامها ثم تموت هذه الخلايا البارنشيمية وتبدأ الإنقسامات الموازية للسطح والمؤدية لتكونها في الطبقات الأعمق وبذلك ينشأ فيلوجين العديسة والذي يؤدي نشاطه لتكوين النسيج المكمل أو الخلايا المالئه complementary tissue or filling cells والذي بزيادته تتمزق البشرة (أو الفلين) وتبرز العديسة فوق السطح وتموت الخلايا الخارجية منه وتتسوبر وقد تنسلخ ويحل محلها خلايا مكملة جديدة. ويكون فيلوجين العديسة خلايا فلودرم للداخل (أسفل النسيج المكمل) ترتبط بالفلودرم العادي ويكون نشاط فيلوجين العديسة مرتبطا بنشاط الفيلوجين العادي.





رسم تخطيطي يوضح تركيب العديسة

وقد لا يرتبط تكوين العديسة بالثغور خاصة في البريدرم العميق النشأة حيث تتوقف مناطق معينة من الفيلوجين عن إنتاج فلين للخارج وتنتج بدلا منه خلايا مفككة وهي خلايا النسيج المكمل. وفي حالة القلف الحرشفي

تتكون العديسات باستمرار في حراشيف القلف المتتابعة كما في التفاح ويتركز وجودها بين شقوق هذه الحراشيف.

ثالثا : الأعضاء النباتية Plant organs

١) الجذر The root:

يمثل الجذر الجزء الأرضي من النبات (علي ان هناك بعض الجذور الهوائية) الذي يقوم بوظيفة الامتصاص والتثبيت (وبعض الجذور لها وظائف اخري). وهناك إرتباط فسيولوجي كبير بين الجذر والساق الا أن هناك تباينا كبير في شكل كل منهما وتركيبه بالرغم من جود الاتصال الوعائي بينهما ولكن لكل منهما جهاز وعائي يختلف عن الآخر.

ويتركب الجذر أساسا من طبقة البشرة يليها طبقة سميكة من القشرة (التي تكون بارنشيمة غالبا) وتنتهي بطبقة الإندودرمس. وبعد ذلك توجد الاسطوانة الوعائية التي تبدأ بالبريسيكل ثم الحزم الوعائية التي تكون عادة في نظام قطري متبادل، وقد يوجد في المركز نخاع بارنشيمي. تبدأ نشأة الجذر في النباتات البذرية مبكرا في الجنين علي شكل الجذير الذي يستطيل عند الانبات ويعطي الجذر الوتدي الأصلي tap root (وذلك في معراة البذور وذوات الفلقتين) الذي يتطور ويتفرع ويعطي كل بالمجموع الجذري. أما في ذوات الفلقة الواحدة فان الجذور الأولية الناتجة من المرستيم الجذري في الجنين تكون جذورا جنينية وتموت مبكرا، ويعتمد النبات بعد ذلك علي الجذور العرضية الليفية المتكونة فيما بعد.

تركيب الجذر :

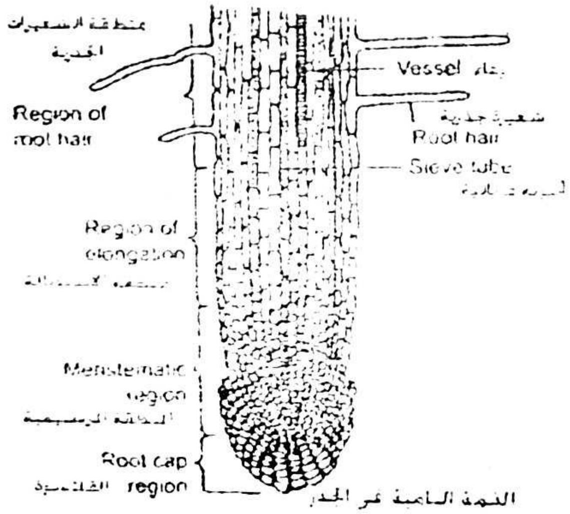
أ) البشرة Epidermis :

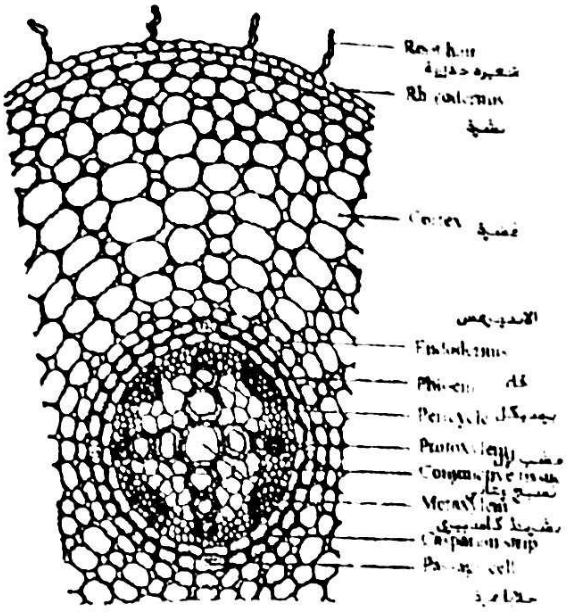
تتكون بشرة الجذر من خلايا مستطيلة متدمجة ذات جدر رفيعة تحتوي على طبقة رقيقة من الكيوتيكل، وقد يزداد هذا الكيوتيكل وتتسوبر خلايا البشرة اذا استدامت. وفي الجذور الهوائية يزداد سمك الجدر المماسية الخرجية لخلايا البشرة وقد يحدث بها بعض التلجنن. وبشرة الجذر النموذجية تكون صف واحد من الخلايا uniseriate ولكن قد تتكون

البشرة من عدة طبقات فتسمي الفيللامين velamen وهي عدة طبقات مندمجة تكون بشكل غمد يحيط بمجموعة من خلايا أخري، وتظهرطبقة الاكسودرمس exodermis بعد طبقة الفيلامين. وخلال موسم الجفاف يوجد الهواء في خلايا الفيلامين ولكنها عند وجود الماء فانها تمتصه بسرعة وتمتلئ الخلايا بالماء وبهذا فان الفيلامين يعتبر نسيجا مساميا. وتمتاز خلايا البشرة بتكوين الشعيرات الجذرية والتي ينحصر تكوينها في منطقة تبعد بضع سنتيمترات عن قمة الجذر، وتموت هذه الشعيرات بسرعة وتتدهور لذلك لا توجد في مناطق الجذر الأكبر سنا. وقد نوقش تركيب هذه الشعيرات فيما سبق وكذلك طريقة نشأتها وتركيبها. وقد تنشأ هذه الشعيرات الجذرية من طبقات تحت البشرة مثل الجنس Citrus.

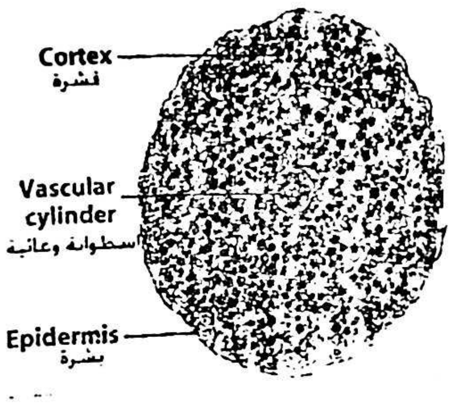
ب) قلنسوة الجذر Root cap :

تتكون قلنسوة الجذر في طرفه وتقوم بعدة وظائف ولكن وظيفتها الأساسية هي حماية القمة النامية للجذر أثناء توغلها في التربة وكذلك تقوم بافراز بعض المواد التي تساعد علي ذلك حيث تكون جدرها مخاطية مما يساعد علي اختراق الجذر للتربة وفي بعض النباتات تكون خلايا القلنسوة شديدة الصلابة مما يساعد علي اختراق التربة. وتحتوي جذور النباتات المائية أيضا علي قلنسوة مما يدل علي ان لها وظائف أخري غير





رسم تخطيطي يوضح التركيب التشريحي لجذر من ذوات الفلقتين



ق/ ع فى جذر حديث لنبات ذو فلقتين

الحماية والمساعدة علي اختراق الجذر. وقد وجد أن كثيرا من المواد الهامة (بعض الهرمونات مثلا) تتكون في القلنسوة، كما ان تكسر هذه الخلايا من احتكاكها بحبيبات. التربة يؤدي لخروج مواد كيميائية منها، وتعمل هذه المواد علي زيادة النشاط المرستيمي للقمة النامية للجذر. وتتكون قلنسوة الجذر من خلايا بارنشيمية حية وتحتوي علي حبيبات نشا يتركز وجودها في الجذر العرضية قرب التربة، وتعمل هذه الحبيبات (حسب بعض الافتراضات) علي تدعيم الانتحاء الأرضي الموجب للجذر، وجدر الخلايا في القلنسوة تكون مخاطية. وتنشأ قلنسوة الجذر من طبقة ال

calyptrogen وتتميز خلاياها بوجود دكتيوسومات كثيرة وتكون حويصلاتها كبيرة بشكل واضح حتى تساهم في الافرازات. ،

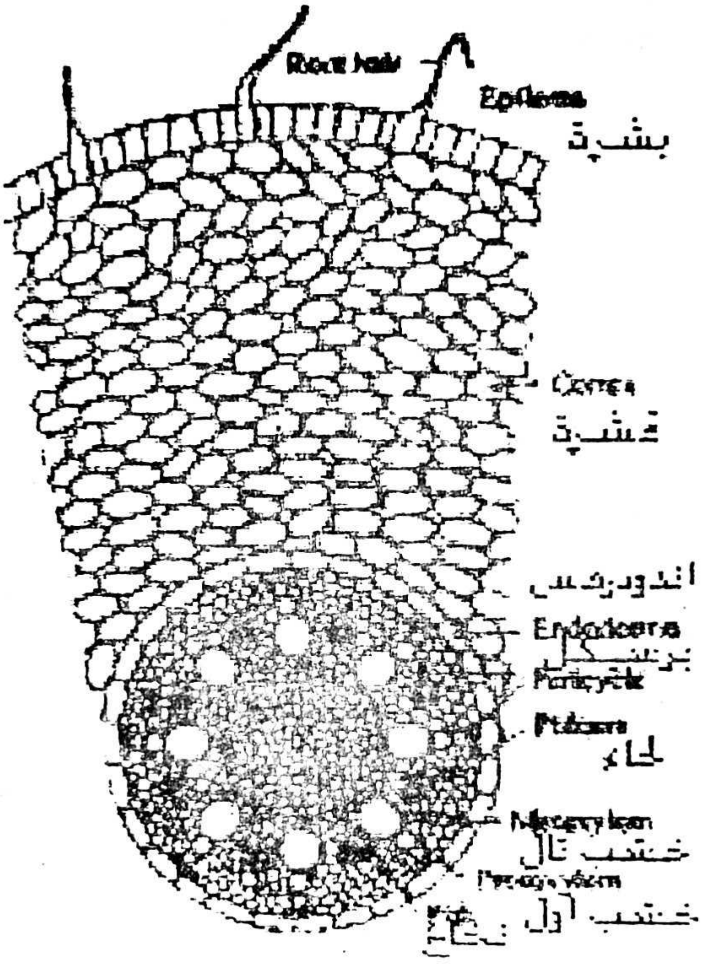
ج) القشرة Cortex :

تتميز قشرة الجذر ببساطة وتماثل تركيب خلاياها الا أنها قد تحتوي علي بعض الطرز الخاصة من الخلايا. وقد تستديم أو تنسلخ كما في جذور ذوات الفلقتين ومعراة البذور التي يحدث بها نمو ثانوي للجذر وبالتالي انسلاخ القشرة، وهذه القشرة تتكون من خلايا بارنشيمية فقط، أما في ذوات الفلقة الواحدة التي لا يحدث بها غالبا نمو ثانوي فان قشرة هذه الجذور تحتوي علي الكثير من الاسكلريدات وقد يتكون بها طبقة خارجية متخصصة في القشرة تسمي الاكسودرمس exodermis حيث يتشرب الجدار الابتدائي كله بالسوبرين وليس في موضع معين فقط، كما تغطى طبقة السوبرين بالسليلوز الذي يتلجنن فيما بعد. ويختلف سمك طبقة الاكسودرمس من طبقة واحدة إلي عدة طبقات، وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة قد يحتوي الاكسودرمس علي إسكلرانشيمة وقد تبقي بعض الخلايا بجدرها الرفيعة فقط.

وفي القطاع العرض تترتب خلايا القشرة اما في صفوف قطرية منتظمة أو متبادلة وقد يكون الجزء الخارجي منها في صفوف قطرية منتظمة والجزء الداخلي في صفوف قطرية متبادلة (ويرتبط ترتيب الخلايا في القشرة بتركيب وطريقة انقسام مرستيم قشرة الجذر) وهذا يؤثر علي شكل المسافات البينية التي تكون رباعية الشكل tetrangular في حالة الصفوف القطرية المنتظمة وتكون ثلاثية الشكل triangular في حالة الصفوف المتبادلة وآخر طبقات القشرة هي طبقة الاندودرمس endodermis. وتتميز طبقة الإندودرمس بصغر حجم الخلايا والامتداد المماسي لها غالبا. ولكن الصفة المميزة لهذه الخلايا هي وجود تشرب في جدراها بمواد خاصة وبشكل خاص يشبه الشريط ويسمي شريط كاسبري

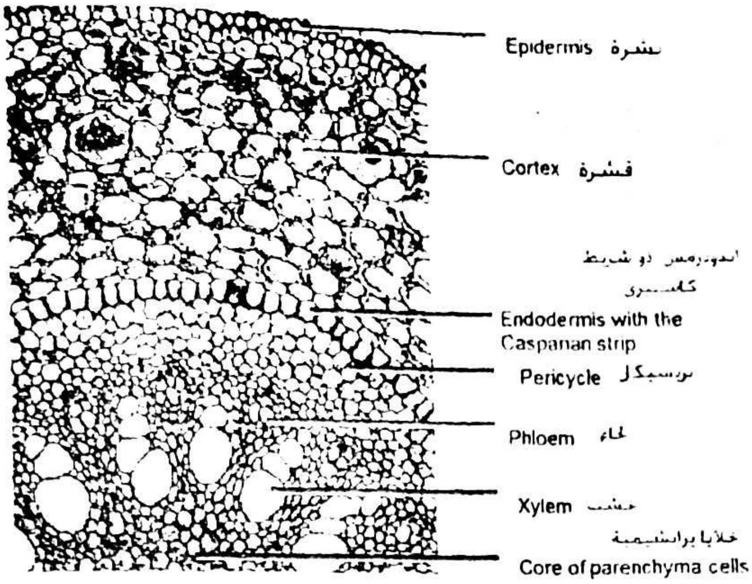
casparian strip (نسبة إلي تكتشفه). والميزة الأساسية لتمييز هذه الطبقة هي وجود شريط كاسبري والذي يوجد بصورة نموذجية في القطاع العرضي علي الجدر القطرية خاصة في الجزء الأخير الداخلي ومنها وليس في كل اجزاء الجدار كما في الاكسودرمس. وقد أجريت دراسات عديدة علي شريط كاسبري، وقد وجد أنه يتكون نتيجة تشرب أجزاء خاصة من الجدار (جزء من الجدار العرضي والقطري) بالسوبرين أو بالنجنين أو كلاهما. وينشأ شريط كاسبري نتيجة ترسيب موضعي localized لبعض المواد الفينولية والدهنية الغير مشبعة في الصفيحة الوسطي ثم يمتد هذا الترسيب الموضعي ليشمل الجدار الابتدائي خاصة في المسافات الشعرية للويفات الدقيقة، وقد لوحظ إلتصاق الغشاء البلازمي بالجدار في مناطق شريط كاسبري ولا ينفصل عنه حتى عند حدوث بلزمة في الخلية. وبذلك فان شريط كاسبري (لأنه يتكون من مواد غير منفذة للماء) يسبب توجيه متخصص للماء خلال الستوبلازم وليس خلال الجدار وهذا له أهمية في اختيار المواد الداخلة إلي نسيج الخشب في الجذر والتي سيتم نقلها فيما بعد الي باقي النبات. ويتكشف شريط كاسبري في خلايا الإندودرمس بعد تمام تكشف خلايا القشرة، وقد يتبقي الإندودرمس مع الجذر، ففي ذوات الفلقتين ومعراة البذور فاذا تكون البريدرم السطحي (نتيجة النمو الثانوي) فإنه يؤدي لإنسلاخ الطبقات الخارجية من القشرة فقط ولكن الغالب هو نشأة البريدرم من البريسيكل (وهو أول طبقات الاسطوانة الوعائية) وبالتالي ينسلخ الإندودرمس بفعل البريدرم. وفي حالة بقاء الإندودرمس فان الخلايا تستطيل مماسيا لتواجه الزيادة في قطر الجذر أو قد يحدث لها إنقسامات عمودية علي السطح (لزيادة قط طبقة الإندودرمس) وفي هذه الحالة فان الخلايا الجديدة المتكونة يتكشف فيها شريط كاسبري أيضا ويكون علي اتصال بأشرطة الخلايا الأصلية. وفي حالة غياب النمو الثانوي كما في جذور أغلب ذوات الفلقة الواحدة فان طبقة السوبرين في الشريط تمتد علي كل أجزاء الجدار ثم تترسب عليه

طبقة أخري من السليلوز علي الجدر القطرية والجدر المماسي الداخلي (بشكل حرف c أو u) ثم تتلجنن هذه الطبقة فيما بعد. وهذا يعتبر جدارا ثانويا. ولا يحدث هذا التطور في كل خلايا الإندودرمس ولكن تبقي خلاياه في مقابل ال P.x بدون هذا التغلظ وتسمي الخلايا الممررة passage cells ومنها يمر الماء من القشرة إلي نسيج الخشب. وقد لوحظ أن بداية هذا التطور تبدأ أولا في مقابل أقطاب اللحاء.



رسم تخطيطي يوضح التركيب التشريحي لجذر من ذوات الفلقة الواحدة

تفصيلي



ق/ع لجذر من ذوات الفلقة الواحدة

د) الاسطوانة الوعائية Vascular cylinder :

توجد الأسطوانة الوعائية في مركز الجذر وتحتوي علي الأنسجة الوعائية والبارنشيمة المصاحبة لها.

البريسيكل Pericycle :

وهو أول طبقات الاسطوانة الوعائية التي تلي الإندودرمس وتتركب من خلايا بارنشيمية رفيعة الجدر (الأبتدائية) ممتدة في الاتجاه المماسي أكثر من القطري. وفي ذوات الفلقتين يكون البريسيكل إما طبقة واحدة أو أكثر وقد يكون عدد طبقات البريسيكل اكبر مقابل نسيج الخشب عنها في مقابل نسيج اللحاء. أما في ذوات الفلقة الواحدة فعادة يتكون البريسيكل من بضعة طبقات. وقد لوحظ في بعض الحالات تداخل نسيج الخشب مع طبقة البريسيكل كما في بعض نباتات الفصيلة النجيلية والسعدية، أو قد تتكشف بعض عناصر اللحاء خارج الإندودرمس. وقد يحتوي البريسيكل علي قنوات لبنية وقنوات إفرازية أخري. وفي النباتات التي لا يحدث بها نمو ثانوي ويستديم بها تركيب الجذر فإن خلايا البريسيكل في الأجزاء المسنة من الجذر تتحول إلي إسكلرانشيمة وذلك للحماية.

ويقوم البريسيكل بعدة وظائف ترتبط كلها عادة بالنشاط المرستيمي : فالجذور الجانبية تنشأ من البريسيكل، كما أنه في أغلب الجذور (التي يتكون فيها بريدرم) فإن الفيلوجين ينشأ من البريسيكل. وفي حالة النمو الثانوي العادي للجذور ينشأ جزء من الكامبيوم الوعاني (في مقابل ال P.x) من نسيج البريسيكل وهذا الجزء يعطي الأشعة النخاعية كما سيرد ذكره.

الأنسجة الوعائية Vascular tissue :

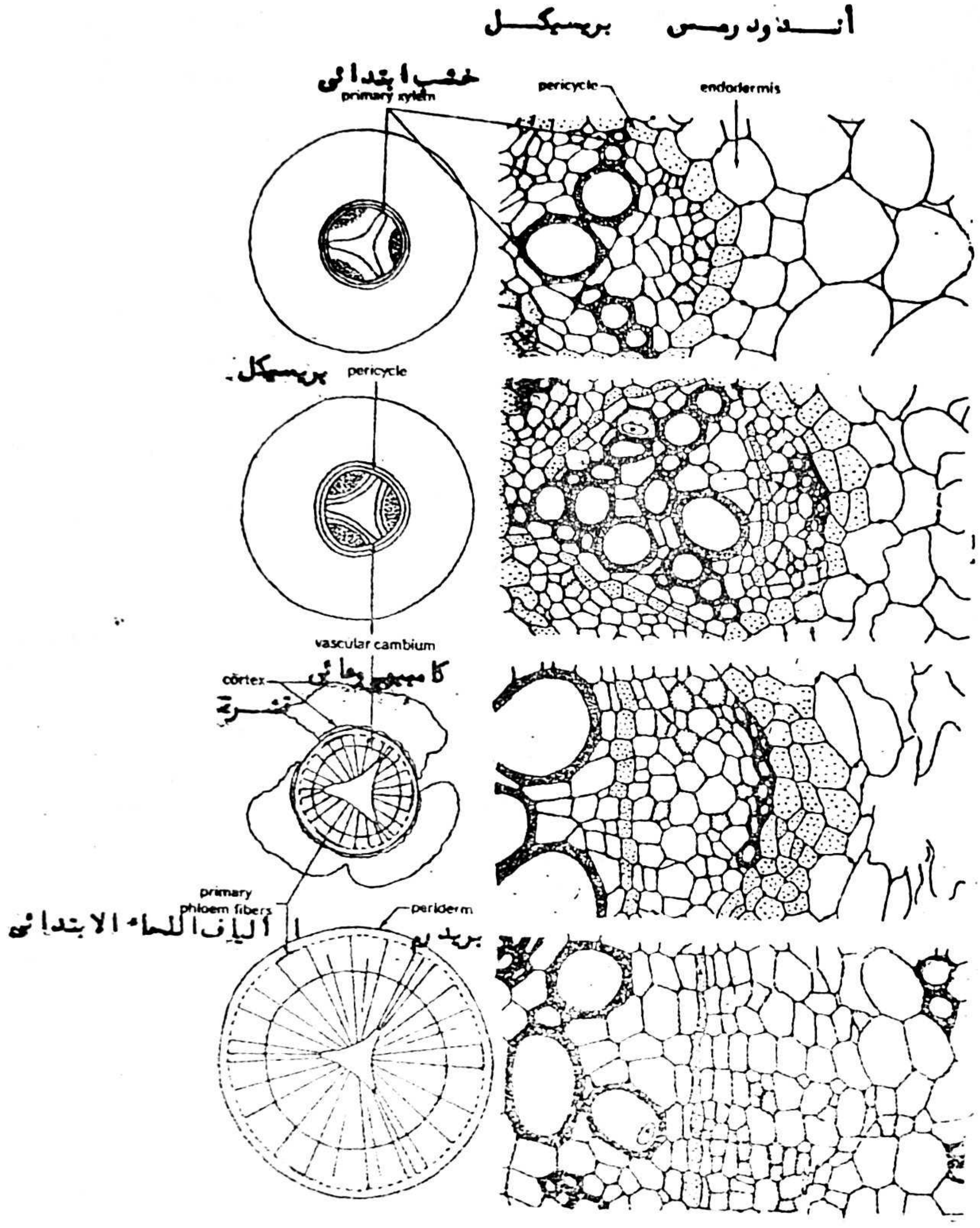
تتميز الأنسجة الوعائية الابتدائية في الجذر فانها خارجية التكشف exarch (نشأت الكلمة من ex بمعني خارجي و arch في اللغة الاغريقية بمعني بداية) أي أن أول عناصر الخشب px وعناصر اللحاء pph تتكشف للخارج ثم يتبعها للداخل Mph ، Mx ومن الصفات المميزة والقاطعة للجذور هى وجود كل من الخشب واللحاء علي أنصاف أقطار متبادلة وليس علي قطر واحد كما في الحزم الوعائية في الساق مثلا. وتسمي مجاميع الخشب بالاقطاب أو الاذرع أو poles (وكذلك اللحاء) ويعتمد تمييز هذه الاقطاب علي أوعية Px الخارجية الضيقة وقد يحتوي الجذر علي قطبي خشب بالتبادل مع قطبي لحاء فيسمي الجذر diarch أو يكون العدد ثلاثة فيسمي triarch أو أربعة tetrarch أو خمسة pentarch وهكذا، أو يكون عديدا (أكثر من ثمانية) فيسمي poly arch.

وتتميز جذور ذوات الفلقتين بأنها تكون محدودة أقطاب الخشب حيث يتراوح العدد من ٢-٨ والغالب هو ٤ أقطاب tetrarch أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فتكون غالبا عديدة أذرع الخشب polyarch. أما في جذور معراة البذور فقد تكون ثنائية أو عديدة أذرع الخشب ولذلك لا يمكن استخدام عدد أذرع الخشب في تفرقتها. وفي بعض الحالات النادرة مثل النبات المائي *Trapa natans* يكون هناك قطب خشب واحد اي monoarch وقطب لحاء واحد أيضا. وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة

يحدث تباين كبير بين ال Px وال Mx فقد يكون هناك عدة أوعية Px في مقابل وعاء واحد من Mx وقد يوجد وعاء واحد في المركز ويحيط به عدد من أوعية Px كما في الجذر الجنيني للقمح. وفي بعض الجذور يمتد تكشف Mx إلي مركز الجذر أو قد يوجد نخاع بانشيمي في مركز الجذر، وعموما فان جذور ذوات الفلتين اما لا يظهر بها نخاع أو يوجد بها نخاع ضيق نسبيا أما أغلب ذوات الفلقة الواحدة فيوجد في جذورها نخاع متسع نسبيا الا أن هذه ليست صفة قاطعة للتمييز بين جذور ذوات الفلقة وذوات الفلقتين حيث قد يغيب النخاع في ذوات الفلقة الواحدة كما في القمح حيث يوجد وعاء Mx كبير في المركز.

النمو الثانوي في الجذر :

تتميز جذور أغلب ذوات الفلقتين ومعراة البذور وبعض ذوات الفلقة الواحدة بحدوث النمو الثانوي بها نتيجة نشاط الكامبيوم الوعائي وكذلك الفليني. ويبدأ النمو الثانوي بتحول خلايا البريسيكل في مقابل ال Px إلي الحالة المرستيمية (de-differentiation) مع انقسام هذه الخلايا انقساما موازيا للسطح، وبعد ذلك بقليل تتحول الخلايا البارنشيمية الموجودة أسفل ال Mph إلي خلايا مرستيمية كامبيوم وتبدأ في الانقسام الموازي للسطح، وبذلك تتكون أشرطة كامبيومية أعلي مناطق Px وأسفل مناطق Mph وتمتد هذه الأشرطة لتقابل بعضها البعض فتتكون حلقة الكامبيوم المتعرجة والتي تنحني أعلي Px وأسفل Mph وخلايا هذه الحلقة خارج Px تنقسم مماسيا وتعطي خلايا بارنشيمية فقط وهي التي ستكون خلايا الاشعة النخاعية. أما خلايا الحلقة أسفل Mph فتعطي خشبا ثانويا للداخل ولحاء ثانوي للخارج. ونظرا لزيادة الانقسام العمودي علي السطح لزيادة قطرها وبالتالي تنفرد حلقة الكامبيوم وتصبح بشكل دائرة ويؤدي ذلك، بالإضافة لاستمرار تكوين الأنسجة الثانوية، إلي دفع الخشب الابتدائي للداخل بواسطة الخلايا البارنشيمية



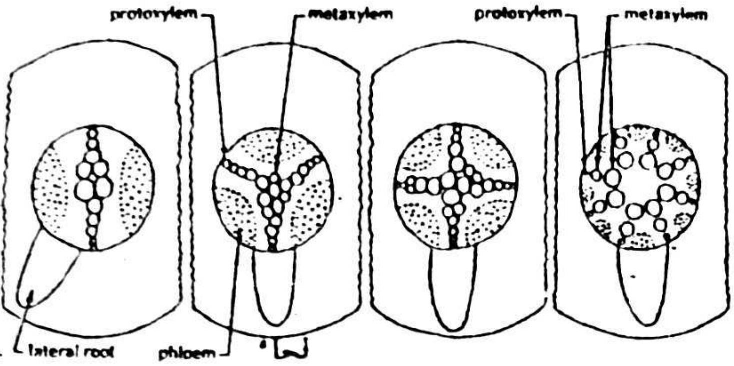
رسم تخطيطي يوضح النمو الثانوي بالطريقة المعتادة في جذور ذوات الفلقتين

والتي تتحول إلي اشعة نخاعية، وتتميز بعد اكتمال تكشفها بانها تكون مستطيلة في الاتجاه القطري (لتناسب شكل الاشعة النخاعية) ويقل عرضها في الاتجاه المماسي في المناطق الداخلية بالتدريج وكذلك بالقرب من نسيج الخشب واللحاء. وقد تؤثر عملية دفع خلايا الخشب الابتدائي علي عناصر Px التي قد تتكسر أو قد تظل سليمة ولكنها في النهاية بعد زيادة النمو الثانوي غالبا ما تتكسر. أما خلايا اللحاء الابتدائي فانها تدفع إلي الخارج نتيجة تكشف كل من الخشب الثانوي للداخل واللحاء الثانوي للخارج وعادة ما تتكسر عناصر ال Mph فيها وتتحول خلاياه البارنشيمية إلي ألياف ويكون دلك مبكرا جدا في بعض النباتات. ويلاحظ أن عدد مجاميع الخشب الثانوي والحاء الثانوي والاشعة النخاعية يكون مساوي لعدد أقطاب كل من الخشب واللحاء الابتدائي في الأصل وقد يستعمل ذلك لتمييز التركيب الابتدائي للجذر حتى بعد حدوث النمو الثانوي واندثار العناصر الابتدائية. ونتيجة زيادة قطر الاسطوانة الوعائية للجذر فانه تحدث بعض الإنقسامات الاسطوانة الوعائية فتتمزق هي وخلايا القشرة، وتبدأ نشأة الفيلوجين من نسيج البريسيكل عادة وبنشاط الفيلوجين يتكون فلين للخارج يطرد كل الخلايا المنسلخة خارجه كما يعطي قشرة ثانوية الزيادة في قطر الاسطوانة الوعائية خاصة اذا كانت الزيادة بسيطة وبالتالي قد ينشأ الفيلوجين في خلايا القشرة الابتدائية اما باقي القشرة الداخلية عنه فتظل سليمة ويمكن تمييزها عن القشرة الثانوية بأن الأخيرة تكون مرتبة في صفوف قطرية منتظمة. وقد تنشأ عدة بريدرمات متتابعة في السنوات المتعاقبة.

الجذور الجانبية Lateral or secondary roots :

تنشأ الجذور الجانبية من حواف الاسطوانة الوعائية (البريسيكل) علي ابعاد مختلفة من المرستيم القمي، وهي بذلك تكون داخلية المنشأ endogenous (بعكس الجذور العرضية)، وينشأ الجذر الجانبي نتيجة

حدوث انقسام موازي للسطح في خلايا البريسيكل التي تصبح ذات سيتوبلازم كثيف، وبزيادة هذه الإنقسامات يتكون بروز protrusion



خروج الجذور الجانبية من الجذر الاصلى

ويبدأ بعد ذلك حدوث إنقسامات عمودية علي السطح فيزداد عرض هذا البروز فتكون بداية الجذر الجانبي lateral root primordium وباستمرار هذه الإنقسامات تدفع بداية الجذر نفسها خلال القشرة ويكون ذلك بالدفع الميكانيكي ويساهم في ذلك افرازات قمة بداية الجذر التي تفرز بعض المواد التي تفكك خلايا القشرة في النبات الأم لتسهيل هذا الاختراق. وعند خروج الجذر الجانبي للسطح يبدأ تكوين الأنسجة الوعائية في قاعدته والتي تبدأ في الاتصال بالأنسجة الوعائية في الجذر الأصلي. ويلاحظ ان خروج الجذور الجانبية بهذه الطريقة بسبب وجود جروح أو جيوب فارغة بين الجذر الجانبي وبين قشرة الجذر الأم وهذه الجيوب يكون لها أهمية في اختراق بعض الطفيليات للجذر. وفي بعض الحالات قد تساهم طبقة الإندودرمس في تكوين الجذور خاصة في معراة البذور.

وتخرج الجذور الجانبية علي الجذر الأصلي بنظام خاص حسب التركيب الوعائي للجذر الأصلي ففي الجذور الثنائية أقطاب الخشب فان الجذر الجانبي ينشأ بين الخشب واللحاء، أما في الجذور الثلاثية والرباعية أقطاب الخشب فإن الجذور الجانبية تنشأفى مقابل أقطاب الخشب اما فى الجذور عديدة أقطاب الخشب أي جذور ذوات الفلقة الواحدة فان الجذور الجانبية تنشأ في مقابل اللحاء.

الجذور العرضية adventitious roots :

يطلق مصطلح الجذور العرضية علي الجذور التي تتكون علي أعضاء غير الجذور الأصلية أو فروعها أو حتى علي الجذور ولكن بطريقة مخالفة للطريقة السابق ذكرها (تتابع قمي علي الجذور الابتدائية، تنشأ من البريسيكل). وتكوين الجذور العرضية يكون ذا أهمية كبيرة في التكاثر الخضري وأيضا في النمو الطبيعي لذوات الفلقة الوحدة وحتي بعض ذوات الفلقتين. وتنشأ الجذور العرضية من مناطق مختلفة فقد تنشأ من منطقة البارنشيمة الموجودة بين حزم الساق (كما في أغلب ذوات الفلقتين) وقد تنشأ من اللحاء مثل الجذور العرضية علي عقل ال *Ficus* أو من منطقة بارنشيمة الخشب الثانوي كما في عقل الكسافا أيضا. وقد تنشأ الجذور العرضية علي أجزاء النبات المجروحة اما جروح طبيعية ميكانيكية أو جروح نتيجة اصابات لمرضية. وطريقة نشأة الجذور انعرضية تشبة نشأة الجذور الجانبية إلا أن الجذور العرضية يتكشف فيها المرستيم القمي والقلنسوة مبكرا حيث أنها قد تعاني بعض الضغط الميكانيكي من الساق لوجود بعض حزم الألياف والإسكلرانشيمة. وتؤدي المعاملة بالأوكسينات الي زيادة تكوين الجذور العرضية بعكس الجبريلينات التي تقلل تكوينها.

الجذور المخزنة Storage roots : .

تقوم الجذور العادية للنبات بتخزين بعض المواد، بالإضافة لذلك فقد تتخصص جذور بعض النباتات في عملية التخزين أساساً، وقد يحدث هذا التخزين في القشرة الابتدائية التي تكون عريضة نسبيا ولكن الغالب هو تكوين نمو ثانوي بطريقة خاصة تلائم عملية التخزين، وغالبا ما يكون ذلك بتكوين كميات كبيرة من بارنشيمة التخزين التي تنشأ بطرق مختلفة في الجذر وأحيانا في السويقة الجنينية السفلي كما يحدث في جذور الجزر حيث تشارك هذه السويقة مع الجذر في عملية تكوين بارنشيمة التخزين حيث تنسلخ كل من البشرة والقشرة نتيجة النمو الثانوي ويكون الخشب الثانوي معظم النسيج اللحمي الذي يؤكل حيث يتركب هذا الخشب الثانوي من مجموعة متناثرة من الأوعية وكمية كبيرة من البارنشيمة الاختزانية، أما اللحاء فيحتوي علي أنابيت غربالية وكمية كبيرة أيضا من البارنشيمة الاختزانية وكذلك يتم التخزين في الفلودرم، وفي درنات الكسافا يحدث نمو مشابه ولكن يتم التخزين في بارنشيمة الخشب الثانوي فقط، حيث يبدأ النمو الثانوي بالطريقة المعتادة وبعد فترة معينة وعند نشأة الدرنة يزداد نشاط الكامبيوم في انتاج بارنشيمة الخشب وتصبح الأوعية بشكل صفوف قطرية ويتم ترسيب حبيبات النشا في صفوف البارنشيمة القطرية ولكن ليست المجاورة لصفوف أوعية الخشب، وبتقدم النمو الثانوي هذا تظهر الأعية متناثرة ويعم ترسيب النشا في كل بارنشيمة الخشب الثانوي وقد يحدث ذلك في الفلودرم أيضا.



أما في بنجري السكر والمائدة فيحدث نوع من النمو الثانوي الشاذ، حيث يكتمل النمو الابتدائي للسويقة الجنينية السفلي وقاعدة الجذور ويبدأ النمو الثانوي بالطريقة العادية والذي يعطي كمية بسيطة من الخشب واللحاء الثانويين حول الخشب الابتدائي الذي يكون diarch ويتكون قلب وعائي vascular core ثم يتوقف هذا النمو الثانوي وينشأ كامبيوم ثانوي خارج هذا القلب الوعائي، وينقسم هذا الكامبيوم الثانوي مماسيا ويعطي عددا من

الطبقات تتكشف الداخلية منها إلي بارنشيمة مخزنة أما الخارجية فتعطي حزما وعائية بها خشب ولحاء غنيين في البارنشيمة ثم تتكسر البشرة والقشرة وينسلخان ثم يتكون سلسلة من هذه الخلايا الكامبيومية الثانوية في صورة حلقات متتابعة إلي الخارج وتكرر نفس السلوك، مع ملاحظة أن البريسيكل يحافظ علي وضعه باستمرار خلال أطوار النمو وينشأ منه بريدرمات متتابعة هي التي تكون جلد البنجر، ويتم ترسيب المواد المخزنة في البارنشيمة الملاصقة للعناصر الوعائية للخشب (بعكس الحال في المراحل الأولي في درنة الكسافا). وفي البطاطا يحدث نمو ثانوي شاذ بطريقة أخري حيث يتكون الخشب الابتدائي من أربعة حزم وينشأ الكامبيوم بالطريقة العادية ويعطي أوعية خشب ثانوي ينشأ حولها الكامبيوم الثانوي يعطي بارنشيمة كبيرة فتنعزل الأوعية بالإضافة غلي لحاء غني بالبارنشيمة والقنوات اللبنية. أما في الفجل واللفت فيحدث تكوين نمو ثانوي منتشر difuse secondary groeth ويبدأ في منطقة النخاع والخشب الثانوي يؤدي لتكوين حزم وعائية مركزية خلال هذه البارنشيمة.

٢ – الساق The Stem :

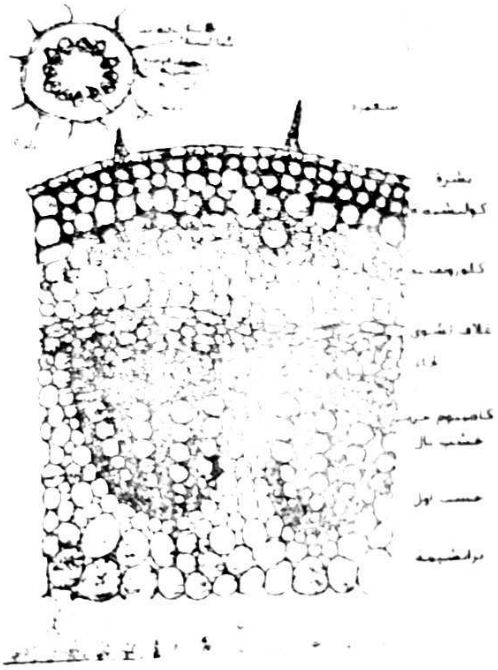
يقسم الجسم الخضري في النباتات الوعائية إلي الجذور والساق والأورقد، وهناك ارتباط وثيق بين الساق و الأوراق لذلك يسميان معا باسم الفرع shoot.

ينشأ الساق خلال مراحل التطور الجنيني المبكر كمحور ذي سلاميات منضغطة وبعض بداءات الأوراق وهو ما يسمي الريشة plumule (من الكلمة اللاتينية feather صغير) ويسمي الجزء من الساق فيه باسم السويقة الجنينية العليا epicetyl، وخلال الانبات وبعده تمتد الريشة وتتطور لتعطي الساق و الأوراق، ويتميز الساق عن الجذر بانه مقسم إلي عقد وسلاميات.

التركيب الداخلي للساق :

يشتمل الساق علي ثلاثة نظم نسيجية وهي البشرة والنسيج الأساسي والنسيج الوعاني، وتختلف الساق فيما بينها في كمية وتوزيع هذه الأنظمة، فقد يكون النسيج الوعاني بشكل اسطوانة صماء في المركز خاصة في النباتات البدائية أو بشكل شرائط مبعثرة في النسيج الأساسي أو شرائط منتظمة في حلقة أو بشكل آخر، وفي حالة الاسطوانية الصماء تسمي المسافة من البشرة حتى الاسطوانة الوعائية باسم القشرة cortex (من الكلمة اللاتينية بمعني قشرة)، أما إذا كانت الاسطوانة الوعائية بشكل اسطوانة مفرغة فإنها تحصر في الداخل ما يسمي بالنخاع pith، وإذا كانت هذه الاسطوانة مقسمة إلي شرائط (حزم وعائية منفصلة) فإن هذه الشرائط تسمي الحزم الوعاينة Vascular bundles أو Fascicles (من الكلمة اللاتينية fascis بمعني حزمة) وتحصر هذه الحزم فيما بينها مسافات بين حزمية intervascular وقد تسمي أشعة نخاعية pith rays أو medullary rays (من الكلمة اللاتينية medulla بمعني نخاع)، وفي

حالة وجود النسيج الوعائي مبعثرا في النسيج الأساسي فإنه يصعب وضع حدود للقشرة والنخاع (مثل ساق الذرة مثلا). والبشرة في الساق لا تختلف كثيرا عن مواصفات البشرة السابق ذكرها غير أن الخلايا تكون أكثر استطالة وتقل فيه الثغور نسبيا، أما خلايا القشرة فعادة تكون بارنشيمية ذات مسافات بينية واضحة قد تحتوي على بلاستيدات خضراء فتصبح كلورنشيمية، وكذلك يوجد النشا والتانين والبللورات.



رسم تخطيطي يوضح التركيب التشريحي لساق من ذوات الفلقتين



ق/ع لساق من ذوات الفلقتين

وغالبا توجد الكولنشيمية في القشرة كإسطوانات أو أشرطة تختلف في درجة عمقها وامتدادها وكذلك قد توجد بعض الألياف والاسكلريدات، وتحتوي قشرة سوق معراة البذور علي غدد راتنيجية، وكذلك قد تحتوي قشرة سوق مغطاة البذور علي قنوات انفصالية (مثل الموالح) أو قد يوجد بها قنوات لبنية مختلفة. وعادة ما يكون النخاع بارنشيميا، وقد توجد بلاستيدات عديمة اللون أو حتى بلاستيدات خضراء في بعض الحالات، وتوجد عادة المسافات البينية بين بارنشيمية النخاع وهذه المسافات غالبا ما تكون رباعية نظرا لوجود الخلايا في صفوف قطرية منتظمة نظرا لنشأتها من الـ rib meristem ويتضح ذلك في السوق الطويلة أما في السوق القصيرة فإنه يحدث اختلال في هذا النظام، وفي كثير من النباتات يتكسر النخاع خلال مسلك التطور فتصبح السلاميات مجوفة ولكن تحتفظ العقد بالنخاع ويسمي nodal diaphragms. وينتشر وجود البللورات بين بارنشيمية النخاع وكذلك التأنين وقد توجد أيضا قنوات لبنية وعادة تكون جدر بارنشيمة النخاع رقيقة وقد تصبح ملجننة ونادرا ما توجد ألياف إلا في حالة نباتات السيكاد. وقد تمتاز المنطقة الخارجية من النخاع بصغر حجم الخلايا عن باقي الخلايا فتسمي باسم perimedullary sheath or medullary sheath.

الأنسجة الوعائية الابتدائية :

الحزم الوعائية Vascular bundles :

تسمي الشرائط المحتوية علي الخشب واللحاء وأحيانا الكامبيوم باسم الحزم الوعائية، وقد أمكن تمييز عدة أنواع من هذه الحزم علي حسب وضع كل من الخشب واللحاء ووجود الكامبيوم، وأنواع الحزم هي :

أ – حزم مقفلة Closed bundles وهي لا تحتوي علي كامبيوم حزمي ولذلك لا يحدث بها نمو ثانوي ويشيع وجودها في ذوات الفلقة الواحدة وبعض النباتات البدائية وكذلك في بعض ذوات الفلقتين التي لا يحدث بها نمو ثانوي.

ب - حزم مفتوحة Open bundles ويوجد بها كامبيوم حزمي ويشيع وجودها في ذوات الفلقتين ومعراة البذور وبعض النباتات البدائية، وتقسم الحزم حسب وضع الخشب واللحاء إلي :

١ - حزم جانبية collateral bundles وهي أكثر الأنواع إنتشارا وفيها يوجد اللحاء إلي خارج نسيج الخشب ويوجد الكامبيوم الوعائي بينهما.

٢ - حزم ذات جانبين bicollateral bundles وهي تشبه السابقة ولكن يوجد لحاء داخلي إلي دخل الخشب (ولا يوجد كامبيوم بين اللحاء الداخلي والخشب ولكن يوجد الكامبيوم بين اللحاء الخارجي والخشب فقط).

٣ - حزم مركزية concentric bundles وفيها يحيط أحد النسيجين بالاخر وتقسم إلي:

- حزم مركزية اللحاء amphivasal (من الكلمة الإغريقية بمعنى حول الوعاء) وفيها يحيط نسيج الخشب باللحاء ويكثر وجودها في السراخس.

- حزم مركزية الخشب amphicribral : (من الكلمة اللاتينية oribrum بمعني غربال) وفيها يحيط اللحاء بالخشب ويكثر وجودها في السراخس.

النمو الثانوي في الساق Secondary growth of stem

تتميز ذوات الفلقتين ومعراة البذور (وبعض ذوات الفلقة الواحدة) بزيادة الأنسجة الوعائية ثانويا نتيجة نشاط الكامبيوم الحزمي الذي ينشأ نتيجة بقاء جزء من خلايا البروكامبيوم بدون تكشف وعلي هذا فإنه اذا تكشفت كل خلايا البروكامبيوم (كما في أغلب ذوات الفلقة الواحدة) فإن الكامبيوم الوعائي لا يتكون، ونظرا لأن الكامبيوم ينشأ خلال حزم ابتدائية فانه يسمى الكامبيوم الحزمي vascular cambium، وهناك الكامبيوم البين حزمي intervascular cambium وهو يعطي أيضا أنسجة وعائية ثانوية ولكنه ينشأ عن طريق de-differentiation في منطقة الأشعة النخاعية بين الحزم.

هناك اتصال بين الكامبيوم الحزمي والكامبيوم البين حزمي، وعلي هذا الاساس يكون الكامبيوم حلقة متصلة خلال أنسجة الساق تمتد خلال العقد والسلاميات وأيضا خلال أفرع الساق، وقد تصل إلي الأوراق أيضا، وتتميز خلايا الكامبيوم بالفجوات ووجود البداءات المغزلية وبداءات الأشعة، ويتميز الكامبيوم بالإنقسامات الموازية للسطح أساسا والتي تعطي خشبا ثانويا للداخل ولحاءا ثانويا للخارج.

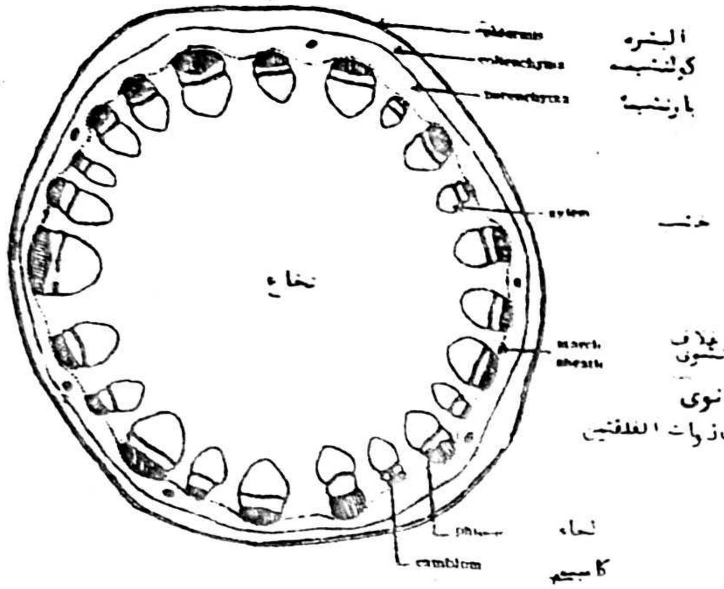
الطرق العادية للنمو الثانوي :

هناك ٣ طرق شائعة لحدوث النمو الثانوي في ذوات الفلقتين ومعراة البذور :

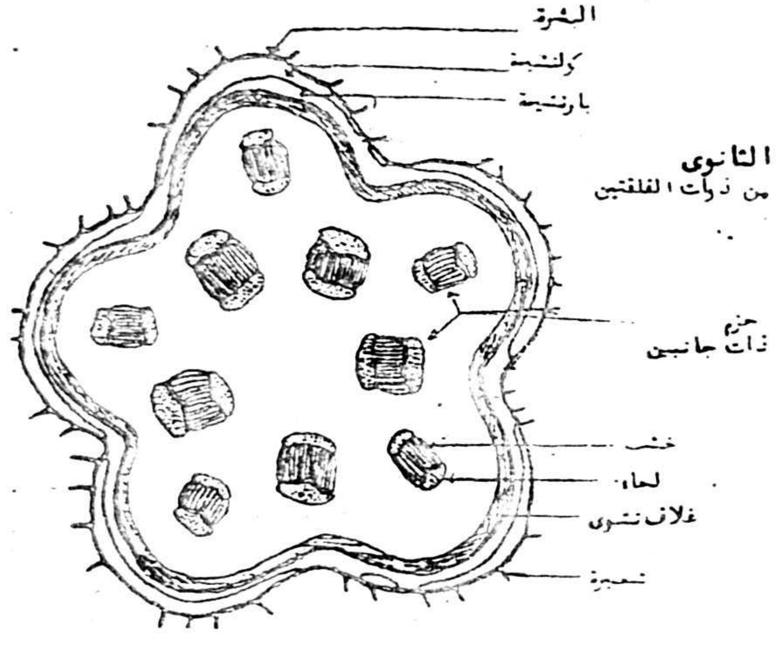
أ – تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية بشكل حزم منفصلة أى توجد منطقة بين وعائية واسعة، ويحدث النمو الثانوي بتكوين الكامبيوم داخل هذه الحزم وأيضا بتكوين الكامبيوم البين حزمي وعند نشاطه يعطي حزما وعائية جديدة أي أن عدد الحزم يزداد وفي هذه الحالة يمكن تمييز الحزم الثانوية النشأة بوجود أنسجة وعائية ثانوية فقط بها أما الحزم الابتدائية فتحتوي علي أنسجة ابتدائية وثانوية (مثل عباد الشمس).

ب – تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية أيضا بشكل حزم منفصلة وينشأ فيها كامبيوم يعطي أنسجة وعائية ثانوية، كما ينشأ كمبيوم بين حزمي ولكنه يعطي بارنشيمية أشعة فقط أي أن عدد الحزم لا يزداد (مثل اللوف).

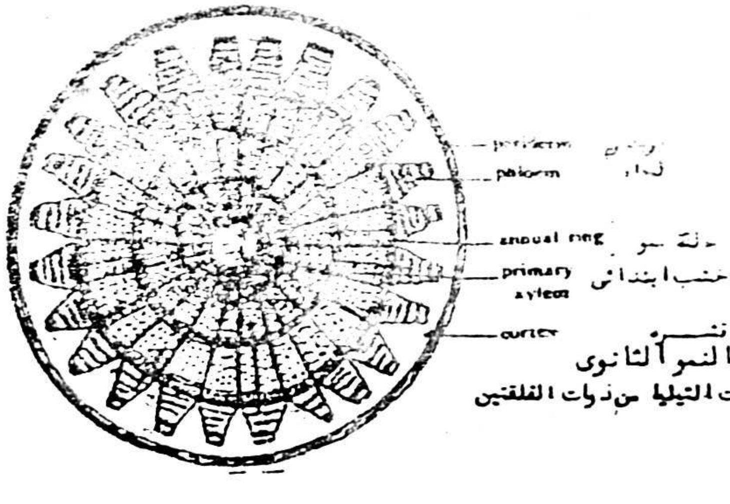
ج – تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية بشكل اسطوانة كاملة أو ذات أشعة نخاعية ضيقة جدا ويستمر النمو الثانوي بنفس الشكل أي يعطي اسطوانة وعائية كاملة أيضا (مثل التيليا)، ويلاحظ في هذه الطريقة عدم وجود كامبيوم بين حزمي.



النوع الاول من النمو الثانوى
ق/ع فى ساق نبات عباد الشمس من ذوات الفلقتين



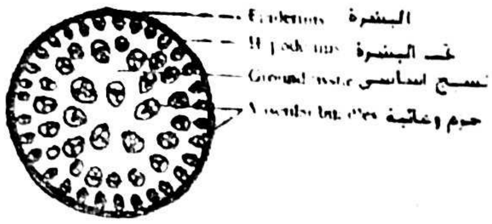
النوع الثانى من النمو الثانوى
ق/ع فى ساق اللوف من ذوات الفلقتين



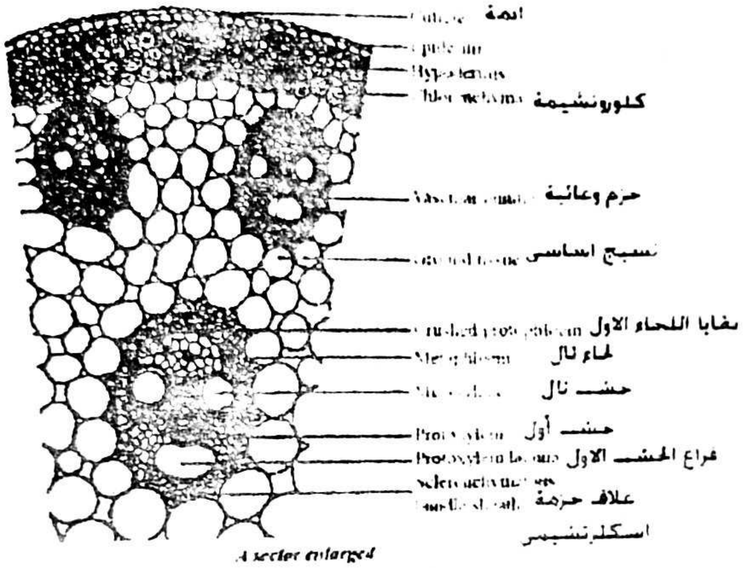
النوع الثالث من النمو الثانوى
ق/ع فى ساق نبات التيليا من ذوات الفلقتين

سوق ذوات الفلقة الواحدة :

تمتاز ذوات الفلقة الواحدة بوجود العديد من الحزم المبعثرة في الساق كما يوجد غالبا أغماد للأورق تحيط بالساق قد تزيد حتى تصبح بشكل الساق كما في جنس الموز Musa ، وقد تتحور سوق بعض ذوات الفلقة الواحدة إلي زومات أو قد توجد بصلات ذات سوق قرصية وسلامياتها قصيرة يس لها نخاع وتندمج سلامياتها ويخرج منها العديد من الجذور العرضية.
وتظهر في سوق أغلب النجيليات ثلاثة أنسجة نسيجية هي البشرة والنسيج الأساسي والحزم الوعائية توجد في نظامين ، في النظام الأول ويمثله جنس القمح والشعير والارز توجد الحزم في دائرتين الأولي ناحية الحافة وتتكون من حزم صغيرة والأخري إلي الداخل وتتكون من حزم أكبر ، وفي النظام الثاني ويمثله الذرة وقصب السكر تكون الحزم مبعثرة في الساق مع تركز وجود الحزم الصغيرة ناحية حافة الساق والكبري إلي الداخل ، وفي جميع الحالات تتميز سوق النباتات النجيلية بوجود حزم جانبية مقفلة تحاط بغمد اسكلرنشيمي ، وفي الحالة الأولي التي توزع فيها الحزم في دائرتين توجد حلقة من الاسكلرنشيمة بين البشرة وبين الحلقة الخارجية من الحزم وبالتالي تكون الحلقة الخارجية من الحزم منطمرة في الاسكلرنشيمة وتتخلل هذه الحلقة امتدادات كلورنشيمية للبشرة خاصة في مناطق وجود الثغور ، وتتكون فراغات الساق مبكرا ويكون ذلك في السلاميات ، أما العقد فتكون مسمطة ، وفي الحالة الثانية التي توجد فيها الحزم مبعثرة لا توجد حلقة كاملة من الاسكلرنشيمة تحت البشرة ولكن تصبح البارنشيمة اسكلريديةsclerified .
وفي الحشائش يحدث تعقد كبير في نظم الآثار الوعائية ، كما ينتشر وجود المرستيمات البينية في الـ pulvini أسفل العقد.

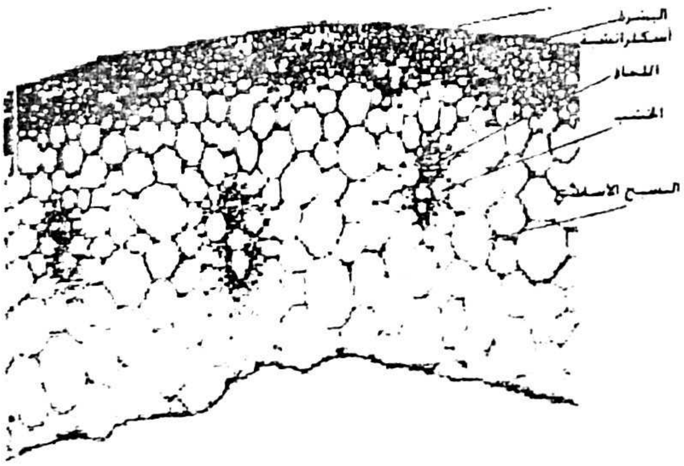


Ground plan



A sector enlarged

رسم تخطيطي يوضح التركيب التشريحي لساق من ذوات الفلقة الواحدة



ق/ع لساق من ذوات الفلقة الواحدة

٣ – الورقة The Leaf :

الأوراق هي زوائد جانبية أساسية علي الساق وأن كانت بعض الآراء تعتبر الورقة والساق جزءا واحدا بسبب وجود الآثار الوعائية للأوراق وامتدادها في الساق.

وهناك أربعة أنواع من الأوراق علي النباتات الراقية :

١- الأوراق الخضرية العادية foliage leaves وتقوم اساسا بالتمثيل الضوئي

٢- Cataphylls (من الكلمة الاغريقية cata بمعني لأسفل phyll بمعني ورقة) وقد يطلق عليها الأوراق السفلي وتمثلها الأوراق الحرشفية scales علي البراعم أو الريزومات الأرضية، والوظيفة الأساسية لها هي الحماية.

٣- Hypophylls (من الكلمة الاغريقية hyppos بمعني عالي) وتمثلها قنابات الازهار ووظيفها تكون غالبا الحماية.

٤- الأوراق الفلقية cotyledonary leaves. وتسمي الأوراق الأولي المتكونة علي النبات باسم أوراق أولية prophyll (من الكلمة الاغريقية pro بمعني أولي) وغالبا ما توجد ورقتان في ذوات الفلقتين أما ذوات الفلقة الواحدة فأغلبها يحتوي علي ورقة أولية واحدة. وعموما. تسمي مجموعة الأوراق كلها علي النبات باسم phyllome.

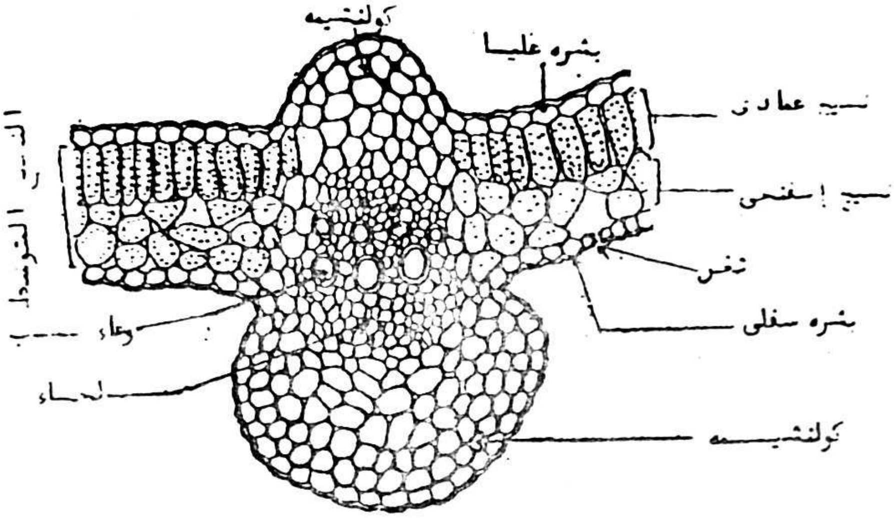
التركيب الداخلي للورقة :

أولاً : أوراق مغطاة البذور :

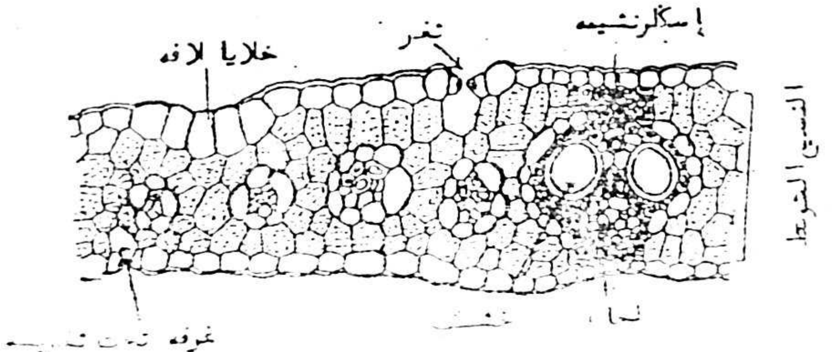
أ – البشرة Epidermis :

لا تختلف بشرة الأوراق كثيرا عن البشرة السابق وصفها سابقا لبشرة الأجزاء الهوائية وتتكون بشرة الأوراق من خلايا البشرة العادية البلاطية الشكل غالبا (والتي يكون فيها الجدار المماسي أكبر كثيرا من الجدار القطري)، وكذلك الخلايا الحارسة للثغور بالاضافة للخلايا المساعدة،

وكذلك تحتوي بشرة الأوراق علي العديد من الزوائد والشعيرات وقد توجد بعض خلايا السليكا والخلايا المسوبرة كما في بشرة أوراق النباتات النجيلية حيث توجد أيضا الخلايا اللافة وقد تحتوي بشرة بعض الأوراق علي خلايا ليفية



ق/ ع فى ورقة نبات ذو فلقتين



ق/ع لورقة نبات ذو فلقة واحدة

الشكل fiber-like، ومن أهم مميزت بشرة الأوراق وجود أعداد كبيرة من الثغور قد يتركز وجودها علي السطح العلوي adexial أو علي السطح السفلي abaxial أو علي كلا السطحين.

وقد توجد في بعض الأوراق بشرة متضاعفة تتكون من عدة طبقات تكون التحت سطحية منها ذات خلايا كبيرة رقيقة الجدر وغالبا ما تقوم بتخزين الماء.

وغالبا ما تحتوي بشرة الأوراق علي البلاستيدات الخضراء غير جيدة التكشف وقد يحدث تركيز للبلاستيدات الخضراء الجيدة التكشف في خلايا البشرة وذلك في حالة النباتات المائية المغمورة كما قد تؤثر الظروف البيئية في كمية ودرجة تكشف البلاستيدات الخضراء في البشرة. ولا تحتوي خلايا بشرة الأوراق علي مسافات بينية باستثناء المسافات الموجودة بين الخلايا الحارسة أو تلك الموجودة في الثغور المائية.

وهناك تباين كبير في تركيب جدر خلايا بشرة الأوراق ولكن الصفة الثابتة هي وجود طبقة الكيوتيكل (مع وجود تباين في سمك هذه الطبقة) علي السطح الخارجي بالاضافة إلي تكوتن في الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأوراق، وتؤثر الظروف البيئية (خاصة الرطوبة) علي سمك طبقة الكيوتيكل ودرجة تكوتن الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأوراق، وفي بعض الحالات قد يتم ترسيب السليكا في خلايا بشرة الأوراق وقد يكون ذلك بشكل بللورات تملأ فراغ الخلية ويكون ذلك مميزا للنباتات النجيلية.

ب – النسيج المتوسط (الميزوفيل) Mesohyll :

يسمي النسيج الأساسي للورقة (وهو المحصور بين البشرة العليا والبشرة السفلي) باسم النسيج المتوسط أو الميزوفيل mesophyll (من الكلمة الاغريقية meso بمعني متوسط وكلمة phyllon بمعني ورقة) وهو نسيج متخصص في عملية التمثيل الضوئي وبذلك فانه نسيج بارنشيمي حي يحتوي علي العديد من الفراغات lacunae فيسمي lacunose.

وفي أغلب ذوات الفلقتين (من نباتات البيئة المتوسطة mesophytes) فإن نسيج الميزوفيل يتكشف إلي جزئين : النسيج العمادي plisade tissue (من الكلمة اللاتينية palus بمعني عنق) ويشير هذا إلي شكل خلايا هذا النسيج حيث تكون الجدر القطرية لها أكبر من المماسية، وتكون هذه الجدر القطرية عمودية علي الجدار المماسي الداخلي لخلايا البشرة.
ويتكشف هذا النسيج العمادي تجاه البشرة العليا، وقد تصبح خلايا النسيج العمادي متساوية الأقطار أو تكون الخلايا بدون شكل محدد وقد تتكون امتدادات منها بشكل أذرع ويصبح النسيج بشكل أفرع، وقد يتكون النسيج العمادي من طبقة واحدة أو أكثر من طبقة وفي هذه الحالة تصبح الطبقات الخارجية منه أطول من الداخلية، وفي نباتات المناطق الجافة قد يتكشف نسيج عادي أخر تجاه البشرة السفلي. والجزء الآخر من الميزوفيل يسمي النسيج الإسفنجي spongy tissue ويشير هذا الاسم إلي وجود الكثير من المسافات البينية بهذا النسيج الذي غالبا ما تكون خلاياه متماثلة الأقطار وغالبا ما تتكشف تجاه البشرة السفلي (إلا إذا تكشف نسيج عمادي آخر تجاه البشرة السفلي كما في بعض نباتات المناطق الجافة وهنا فإن النسيج الإسفنجي يكون محصورا بينهما)، وقد تكون خلاياه ممتدة قطريا. وتسمي الأوراق التي يتكشف بها نسيج عمادي تجاه البشرة العليا ونسيج إسفنجي تجاه البشرة السفلي باسم dorsiventral leaves وهنا يكون بها سطح ظهري (علوي) وسطح بطني (سفلي) أما إذا تكشف النسيج العمادي علي كلا السطحين العلوي والسفلي (كما في أوراق بعض نباتات المناطق الجافة) فإن الورقة تسمي متماثلة isolateral leaves، وهناك نوع متخصص منها يسمي المركزي centric ويوجد في الأوراق الاسطوانية والابرية والتي يكون بها استمرار للسطح العلوي مع السفلي. ويختلف التمييز بين النسيج العمادي والإسفنجي في النباتات المختلفة، فإذا كان النسيج العمادي من عدة طبقات فإن الطبقات الداخلية منه تتداخل مع

طبقات النسيج الإسفنجي وتختلف درجة تكشف كل من النسيجين ونسبة كل منهما للأخر علي حسب النبات وعلي حسب الظروف البيئية.

ففي الأوراق الأكثر تعرضا لضوء الشمس يكون فيها النسيج العمادي أكثر تكشفا من تلك الأقل تعرضا للضوء، وقد يشاهد ذلك في أوراق النبات الواحد كما في حالة الاشجار الكثيفة حيث تكون الأوراق الخارجية أكثر تعرضا للشمس من الأوراق الداخلية كما أنه في الأوراق التي يتعرض فيها النبات للجفاف يزداد تكشف النسيج العمادي فيها عن تلك النامية في ظروف الرطوبة العالية.

ونظرا لأن النسيج العمادي أكثر تخصصا وملاءمة لعملية التمثيل الضوئي فإن البلاستيدات الخضراء يتركز وجودها فيه أكثر من الإسفنجي، وتكون خلال عملية التمثيل الضوئي النشطة موازية للجدار بسمك طبقة واحدة، وبالطبع فإن وجود النسيج الإسفنجي ذو الأذرع يزيد من كفاءة عملية التمثيل الضوئي لأنه يزيد من مساحة السطح. وفي أغلب النباتات النجيلية يكون الميزوفيل متماثلا ولا يتكشف فيه نسيج عمادي أو إسفنجي ولذلك يعرف بمنطقة واحدة هي الميزوفيل.

وفي بعض النباتات المائية ونباتات المستنقعات يظهر الميزوفيل بشكل بارنشيمة تهوية aerenoyma حيث تزداد المسافات البينية بشكل واضح وتتكون هذه المسافات بالطريقة الانفصالية ولكنها قد تتكون أيضا بالطريقة الانفراضية كما في الموز.

ج ـ الجهاز الوعائي Vascular system :

يسمي ترتيب الحزم الوعائية في الورقة باسم التعريق venation وهو من المميزات الأساسية للأوراق، ونشأت كلمة تعريق venation (من الكلمة اللاتينية vens بمعني عرق) ويكون كل عرق حزمة واحدة أو مجموعة حزم مرتبة معا في العرق، وتحتوي الأوراق إما علي عرق واحد أو اثنين وتسمي باسم microphylls وتوجد في النباتات البدائية، أما الـ macrophylls فتحتوي علي مجموعة كبيرة من العروق بنظم توزيع

مختلفة، ويوجد ذلك في النباتات البذرية غالبا وأيضا السراخس، وتشتمل مغطاة البذور علي نوعين اساسيين من التعريق، فأما أن يكون التعريق شبكيا reticulate حيث تكون العروق متفرعة من عرق رئيسي وبشكل شبكة خلال النصل ويكون ذلك مميزا لذوات الفلقتين، والنوع الآخر هو التعريف المتوازي parallel حيث يكون هناك عرق رئيسي واحد (أو أكثر) وتكون العروق الأخري موازية له (وأحيانا عمودية عليه ولكنها تكون متوازية) وتتقابل هذه العروق في نقطة واحدة في قمة النصل كما توجد فروع جانبية تربط بينها، وهذا النظام يكون مميزا لأغلب ذوات الفلقة الواحدة، وإن كان بعض عائلات ذوات الفلقة الواحدة (مثل Aracaceae و Orchidaceae) بها تعريق شبكي، والنظمان السابقان (الشبكي والمتوازي) يسميان تعريق مقفل closed نظرا لتقاطع العروق مع بعضها ووجود عروق جانبية لربط هذه العروق، وعلي الجانب الآخر يوجد تعريق مفتوح open ولكنه قليل الوجود كما في جنس Ginkgo حيث لا توجد روابط جانبية بين العروق.

التعريق الشبكي لذوات الفلقتين أما أن يكون ريشيا pinnhate حيث يكون هناك عرق رئيسي يسمي العرق الوسطي وتتفرع باقي العروق الأصغر علي طوله، وإما أن يكون التعريق راحيا palmate حيث توجد عدة عروق كبيرة تتفرع من قاعدة الورقة ثم يتفرع كل منها بعد ذلك بالطريقة الشبكية.

وتظهر العروق بشكل بروز ridge علي السطح السفلي للورقة abaxial surface وتتكون هذه البروزات من خلايا بارنشيمية ذات كميات قليلة من البلاستيدات الخضراء بالاضافة إلي نسيج دعامي غالبا ما يتكون من خلال كولنشيمية، وغالبا ما توجد الحزم الوعائية مطمورة في البارنشيمية وبعيدة نحو ما عن الميزوفيل، أما الحزم الفرعية الصغيرة minor veins فتكون متصلة بالميزوفيل غالبا أسفل النسيج العمادي وأعلي الإسفنجي، وتتفرع الحزم الفرعية عدة مرات وفي النهاية فإنها تقسم أجزاء النصل

إلي أجزاء صغيرة عديدة الاضلاع تسمي areole تنتهي عندها هذه الفروع النهائية.

ويتباين تركيب الأنسجة الوعائية في العروق تباينا كبيرا وغالبا ما يحتوي العرق علي حزمة أو حزم بها خشب ولحاء بنفس الكمية النسبية لهما الموجودة في عنق الورقة أو أثر الورقة وفي الحزم الجانبية collateral فإن الخشب في العرق يكون جهة السطح العلوي upper or adaxial surface أما اللحاء فيوجد تجاه السطح السفلي lower oabexial surface أما حالة الحزم ذات الجانبين Bicollateral فإنه يتكشف لحاء (وهو يماثل اللحاء الداخلي في الساق والعنق) تجاه السطح العلوي أيضا وذلك في العروق الكبيرة حيث قد لا يشاهد ذلك في العروق الصغيرة.

ويتركب النسيج الوعائي للعرق الرئيسي في أوراق ذوات الفلقتين من حزمة واحدة أو عديد من الحزم، وهنا قد ترتب هذه الحزم بشكل دائرة كما في العنب أو بشكل نصف دائرة كما في جنس *Ambrosia* أو بطريقة غير منتظمة كما في عباد الشمس، وإذا كانت هناك حزمة واحدة فإنها تأخذ عددا من الأشكال فقد تكون هذه الحزمة هلالية الشكل crescent-shaped كما في التيليا أو تكون الحزمة دائرية في البلوط.

وتحتوي أنسجة العرق الرئيسي علي أنسجة ابتدائية وأحيانا توجد أنسجة ثانوية، أما العروق الصغيرة فتكون ابتدائية غالبا أي أن نشاط الكامبيوم يتركز في العروق الرئيسية، ويتضح نشاط الكامبيوم في عروق الأوراق المستديمة everegreen leaves أكثر من المتساقطة eciduous deaves و يتكون نسيج الخشب في العروق الكبيرة من وحدات وعائية ويتكون اللحاء من وحدات غربالية، أما في العروق الصغيرة فإن نسيج الخشب يتكون من قصيبات فقط (ذات تغليظ حلزوني وأحيانا حلقي)، وقد يصاحب هذه القصيبات عناصر غربالية ذات خلايا مرافقة كبيرة الحجم نسبيا.

وقد تتكشف في نهاية العروق قصيبة واحدة أو اثنين وقد يتكشف معها بعض الاسكلريدات، وفي بعض الحالات قد يتكشف في نهاية العروق بعض القصيبات المخزنة للماء وتكون ذات شكل اهليجي أو متفرع.

غمد الحزمة Bundle Sheath :

كما سبق ذكره فإن الحزم الوعانية في العروق الفرعية لا يكون لها بروزات من بارنشيمة وكولنشيمة ولكنها تتصل بالميزوفيل، ولا تتصل مباشرة بالمسافات البينية للميزوفيل بل توجد في مجموعة مندمجة من الخلايا البارنشيمية تسمي غلاف أو غمد الحزمة، وتسمي هذه البارنشيمة باسم البارنشيمية الحافية Border parenchyma وفي ذوات الفلقتين تكون هذه البارنشيمة ذات جدر رقيقة وتكون الخلايا مستطيلة ومتوازية لامتداد الحزمة وقد تحتوي علي بلاستيدات خضراء وبعض البللورات، وقد تمتد هذه الخلايا إلي طبقة البشرة (السفلي أو العليا) وتسمي امتدادات غمد الحزمة Bundle sheath extensions ويؤدي وجودها لزيادة التلامس بين الحزم وبين الميزوفيل وزيادة كفاءة الانتقال، وفي بعض الحالات قد يتكون غمد الحزمة من خلايا اسكارنشيمية (كما في عائلة Winteraceae).

وتحتوي أوراق ذات الفلقة الواحدة علي أغماد للحزم – وفي العائلة النجيلية poaceae يوجد نوعان من الحزم، في النوع الأول يتكون غمد الحزمة من بارنشيمة رقيقة الجدر ذات بلاستيدات خضراء والنوع الأخر يتكون من بارنشيمة سمكية الجدر بدون بلاستيدات خضراء ويسمي Mestom Sheat وتختلف درجة سمك الجدر في هذه الخلايا من مكان لاخر في نفس الخلية.

وقد يتكشف شريط كاسبري في غمد الحزمة في أوراق مغطاة للبذور وهنا يمكن تسميتها باسم الإندودرمس وخاصة في mestom Sheat. وقد يحتوي الغمد علي حبيبات نشا.

د – الأنسجة الدعامية Supporting tissues :

في ذوات الفلقتين قد يساهم وجود العروق الشبكية في تدعيم النصل، وقد يساهم غمد الحزم في ذلك خاصة عند وصول امتداداته الي البشرة، وعادة ما تتكشف الكولنشيمة تحت البشرة في أوراق ذوات الفلقتين، وكذلك في حواف الأوراق، كما قد تتكشف بعض الاسكلريدات في الميزوفيل بغرض التدعيم ويشيع ذلك في نباتات المناطق الجافة خاصة وذلك للإقلال من اضرار الذبول الناتج عن نقص الماء.

وفي ذوات الفلقة الواحدة غالبا ما توجد الأنسجة الدعامية للأوراق بشكل إسكلرانشيمة (غالبا ألياف) أما مع الحزم الوعائية أو كحزم دعامية منفصلة كما في النخيل، وقد تصل هذه الحزم الليفية إلي البشرة العليا أو السفلي التي يزداد سمك جدرها لتلائم وجود هذه الألياف بجوارها. وفي بعض الحالات يحدث تدعيم الورقة عن طريق إنتشار الخلايا المكونة الجدر أو وجود طبقة سميكة من الكيوتيكل أو قد تكون الجدر ملجننة أو مشربة بالسليكا.

هـ - الأنسجة الإفرازية :

تحتوي الأوراق علي الكثير من الأنسجة الإفرازية، وقد سبق مناقشتها سابقا.

و – عنق الورقة :

يتماثل تركيب الأنسجة في عنق الورقة مع أنسجة الساق، ويتشابه ترتيب النسيج الأساسي للعنق مع قشرة الساق، والأنسجة الدعامية في العنق قد تكون كولنشيمية أو اسكلرنشيمية (ولكنها تكون مشابهة للساق)، ويتماثل تركيب الحزم في العنق مع الساق، ويختلف توزيع هذه الحزم في العنق فقد تكون بشكل دائرة كما في أعناق أوراق الكسافا وقد توجد حزم إضافية خارج الدائرة كما في التيليا، وقد تترتب الحزم بشكل قوس مفتوح تجاه الجانب الـ adexial كما في أجناس الزيتون والدخان.

وقد تترتب بشكل أقواس متراكبة كما في الكنا canna أو قد تكون الحزم مبعثرة كما في الكثير من ذوات الفلقة الواحدة، وفي كثير من الحالات قد يحدث تداخل بين هذه الحزم مما يؤدي لتغير عددها من مستوي إلي مستوي آخر من العنق.

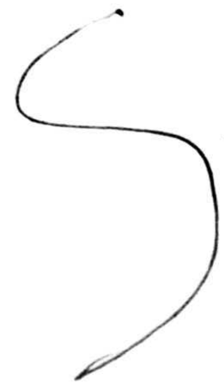
وفي حالة الحزم الجانبية فإن الخشب يتكشف تجاه adaxial واللحاء تجاه abexial وفي الحزم ذات الجانبين يتكشف لحاء داخلي إلي داخل الخشب، أما إذا ترتبت الحزم في شكل قوس فإن اللحاء يتكشف تجاه حواف العنق، وقد يتكشف أندودرمس في النسيج الأساسي خارج الحزم الوعائية، ويتشابه تركيب أعناق الوريقات والـ rachis مع تركيب عنق الورقة.

وفي بعض النباتات قد يتكون pulvini في قاعدة العنق وفائدته تحريك الورقة وتغيير وضعها أو وضع الوريقات (اذا تكشف في قاعدتها)، وهو يختلف تركيبا عن العنق حيث تتجمع الحزم الوعائية في مركزه وتوجد للخارج كميات كبيرة من البارنشيمة وتؤدي الانقباضات فيها إلي إنحناء العنق ويلاحظ أن وجود الأنسجة الوعائية في المركز يزيد من مرونة الـ pulvint.

ثانيا : تركيب أوراق المخروطيات :

تتميز النباتات المخروطية بأن أوراقها ابرية، هذه الأوراق الأبرية في القطاع العرضي تكون بشكل نصف دائرة أو مثلثة أو مربعة، ويعتمد ذلك علي النوع وعدد الأوراق الإبرية التي تخرج من الساق القزمية، وتغطي الأوراق من الخارج بطبقة البشرة والتي يوجد عليها طبقة سميكة من الكيوتيكل، وخلايا البشرة تكون سميكة الجدر بشكل واضح، وتوجد الثغور في خلايا البشرة في أوراق معراة البذور غالبا في صفوف طولية وقد تكون الثغور غائرة وغالبا تملأ الغرف التحت ثغرية بمواد بنية اللون ومحببة، ويلي البشرة طبقة من تحت البشرة hypodermis غالبا ما يكون نسيجها ميكانيكيا من ألياف ذات جدر سميكة ولكنها قد لا تتكون

تحت الثغور وقد يغيب نسيج تحت البشرة في أوراق معراة البذور، ويلي ذلك طبقة الميزفيل وهي خلايا كلورنشيمية وتتميز بوجود نموات داخلية في جدرها (وعلي ذلك قد تعتبر من الخلايا الناقلة من النوع D)، وغالبا لا يتكشف الميزفيل إلي نسيج عمادي وأخر إسفنجي، وتنتشر القنوات الراتنيجية في نسيج الميزوفيل ويكون موضعها ثابتا في النوع الواحد وتعتبر من الخصائص المميزة، وقد تحاط هذه القنوات بألياف منجننة الجدر، وقد تمتد هذه القنوات إلي الساق، وتنتهي طبقة الميزفيل بالإندودرمس وهي ذات خلايا سميكة الجدر ممتدة مماسيا بعض الشيء وذات شريط كاسبري، ويتكون النسيج الوعائي لأوراق معراة البذور من حزمة أو حزمتين في وسط نسيج ناقل Transfusion tissue والحزم تكون مائلة بعض الشيء ويكون فيها الخشب داخلي التكشف endarch أي جهة الـ adaxial مع تكسر الـ P.x مبكرا، وتترتب عناصر الخشب الابتدائي في صفوف قطرية متبادلة مع صفوف قطرية أيضا من البارنشيمة بطريقة تشبه الخشب الثانوي، وتترتب الخلايا الغربالية أيضا في صفوف قطرية متبادلة من صفوف قطرية من البارنشيمة وتكون كميتها أكبر من بارنشيمة الخشب. وتوجد حبيبات النشا في كل من بارنشيمة الخشب واللحاء وكذلك في الخلايا الزلالية وكذلك يوجد بها بللورات، ويتكون النسيج الناقل المحيط بالحزم من نوعين من الخلايا، أحدهم بارنشيمة حية ذو جدر غير ملجننة والأخر عبارة عن قصيبات رفيعة الجدر ملجننة، ويكثر المواد التانينية في النوعين، وبجوار نسيج الخشب تتكشف خلايا النسيج الناقل إلي خلايا طويلة ثم تقصر تدريجيا بالابتعاد عن الحزمة وأيضا بجوار نسيج اللحاء تتكشف خلايا النسيج الناقل إلي خلايا تشبه الخلايا الزلالية.



ق/ع لورقة الصنوبر من معراة البذور

تساقط الأوراق : Abscission of Leaves

المقصود بالتساقط هنا هو التساقط الطبيعي للأوراق دون حدوث ضرر للأنسجة الحية الموجودة أسفل مكان سقوط الورقة، ونشأت كلمة التساقط abscission من الكلمة اللاتينية abscissus بمعني يقطع، وقد يطلق المصطلح أيضا علي تسقاط الأفرع والبراعم الزهرية والازهار والثمار، وكذلك علي تساقط الوريقات.

ويحدث تساقط الأوراق عادة قرب القاعدة بحدوث تغيرات سيتولوجية وكيميائية في هذه المنطقة وتسمي منطقة التساقط abscission zone والتي يتم خلالها تحديد طبقتين هما : طبقة الانفصال separation layer والتي يحدث خلالها الانفصال، أما المنطقة الثانية وهي طبقة الحماية protection layer وتتكون خلالها الطبقات أو التراكيب التي تحمي السطح المعرض بعد تمام التساقط.

وتتميز منطقة التساقط بالضعف الميكانيكي حيث يقل وجود الاسكلريدات بها، كما أن عناصر الخشب بها تكون أقل تلجننا وتكون أقصر من باقي العناصر في المناطق الأخري من نفس النبات، كما أن الأنسجة الوعائية

تكون مركزة في الوسط بدلا من توزيعها في المحيط وخلال عملية التساقط تحدث عدة تغيرات (وليس بالضروري أن توجد كلها في النبات الواحد)، وعادة ما يسبق الانفصال إنقسامات في الخلايا، والخلايا الناتجة من هذا الانقسام تكون طويلة وينقصها الالتحام الجيد بالصفائح الوسطي، كما يؤدي تحرك المواد الغذائي من الورقة قبل سقوطها إلي زيادة ضعف هذه المنطقة، كما يزداد تكون التيلوزات في عناصر الخشب (لاحكام قفل هذه العناصر بعد التساقط).

كما يترسب الكالوز علي الصفائح الغربالية لنسيج اللحاء ويمتد ذلك إلي بارنشيمة اللحاء، وفي النهاية يبدأ فعل الإنزيمات التي تحول بكتات الكالسيوم (الغير قابلة للذوبان في الماء) إلي حامض بكتيك قابل للذوبان وبذلك تتفكك الخلايا في منطقة الانفصال، وقد يشمل التحلل أيضا علي بعض أو كل أجزاء الجدار السليلوزية وتتطور هذه التغيرات عادة من الحواف وتتقدم ناحية المركز، ويكتمل التسقاط بعد ذلك ميكانيكيا.

وتتكون طبقة الحماية protection layer أو الندب scare or cicatrice عن طريق ترسيب مواد الحماية (مثل السوبرين والصموغ الجرحية) علي جدر الخلايا وأيضا في المسافات البينية، وعادة ما يحل البريدرم (خاصة في النباتات الخشبية) محل هذه الطبقة حيث تبدأ نشأته أسفل طبقة الحماية، ويكون علي امتداد بريدرم الساق، وقد سجل حدوث التسقاط في حالات كثيرة بدون التحلل كما في أغلب ذوات الفلقة الواحدة ويؤدي الضغط الميكانيكي فقط للانفصال.

وتؤثر الهرمونات النباتية بشكل واضح علي عملية التساقط، فقد وجد أن الأوكسينات تساعد علي تطور طبقة الانفصال أما الايثلين فهو العامل الأساسي في التحلل، كما تقوم السيتوكينينات بدور هام في تنشيط الإنقسامات ويعتبر حامض abscisic acid من العوامل الأساسية لهذا التساقط.

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

أ. د. مصطفي صالح الحديدي : مذكرة مورفولوجيا النباتات الزهرية، قسم النبات الاقتصادي، كلية الزراعة، جامعة المنصورة.

أ. د. مصطفي صالح الحديدي، أ. د محمد نصر الدين الهلالي، أ. د عرفة أحمد عرفة : دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية.

مذكرة النبات : قسم النبات الزراعي، كلية الزراعة، جامعة القاهرة.

ثانياً : المراجع الاجنبية :

Cutler , D.F.(1978) : Applied plant Anatomy. Longman, London & New York.

Cutter, E. G. (1979). Plant Anatomy. Part I: cells and tissues. 2nd ed, William clowes (Baccles) ltd., Baccels and London.

Essu, K. (1974). Plant Anatomy. 2nd. whiley & sons, New York.

Essu, K. (1977). Anatomy of seed plants, 2nd. whiley & sons, New York.

Hill, J. B. Popp, H.W. and Grove, P.H. (1980). Botany. A text book for colleges, 4th ed., Tata McGraw-Hill publishing company. Ltd., New Delhi.

Hayward, H.E. (1967). the structure of economic plants. 2nd ed., the momilla co., New York.

Hufford, T.L. (1978). Botany : Basic concept in plant Biology. Happer International ed., New York, Hagerstown, San Francisco, London.

Matealf, C.R. and Chalk, L. (1979). Anatomy of the Dicotyledons vol. 1 – systemstic Anatomy of leaf and stem with brief History of the subject. Vol, 2 – wood structure and conclusion of the General Introduction. 2nd ed., clarendon press, oxford.
Said, H. Tounis, A, Amin, A. and Sidrak, G. (1958). A text book of Intermediate Botany, 2nd ed. Anglo Egyptian Book shop. Cairo.
Strasburger, E, Noll, F, Schenck, H. and Schimper, A.F. (1978). lehrbuch der Botanik, (Texbook of Botany) , Aufl, 31. Guatav fischer Verlag, Stuttgart-New york.